

# TEMAS AGRARIOS

Vol. 10 N° 1 / Enero - Junio 2005

## AUTORIDADES ACADEMICAS

CLAUDIO SANCHEZ PARRA  
Rector

JAIRO DURANGO VERTEL  
Vicerector Académico

TEOBALDIS MERCADO FERNANDEZ  
Decano

## CONSEJO EDITORIAL

Coordinador

CLAUDIO FERNANDEZ HERRERA, M.Sc.  
Departamento de Ingeniería  
Agronómica y Desarrollo Rural

Editor

ISIDRO SUAREZ PADRON, Ph.D.  
Departamento de Ingeniería  
Agronómica y Desarrollo Rural

ALBA DURANGO VILLADIEGO, Ph.D.  
Departamento de Ingeniería de Alimentos

HERMES ARAMENDIZ TATIS, Ph.D.  
Departamento de Ingeniería  
Agronómica y Desarrollo Rural

EVERALDO MONTES MONTES, M.Sc.  
Departamento de Ingeniería de Alimentos

BERNARDO PRIETO PINZON, Ph.D.  
Departamento de Ingeniería  
Agronómica y Desarrollo Rural

FERNANDO BARRAZA ALVAREZ, M.Sc.  
Departamento de Ingeniería  
Agronómica y Desarrollo Rural

## COMITE CIENTIFICO

DAGOBERTO CASTRO, Ph.D. (Universidad Católica de Oriente); ISIDRO ELIAS SUAREZ, Ph.D. (Universidad de Córdoba); BERNARDO PRIETO PINZON, Ph.D. (Universidad de Córdoba); LAUREANO GUERRERO, Ph.D. (Universidad Nacional); MANUEL ENRIQUE ROJAS, M.Sc. (Pontificia Universidad Javeriana); ANTONIO MARIA MARTÍNEZ, M.Sc. (CORPOICA); JANETH AIDE PEREA, Ph.D. (Universidad Industrial de Santander)

## CONTENIDO

**EDITORIAL** 3

### ARTICULOS CIENTIFICOS

**INFLUENCIA DEL ACIDO INDOLBUTIRICO Y ACIDO NAFTALENOACETICO SOBRE EL ENRAIZAMIENTO DE ESQUEJES DE CAÑA FLECHA (*Gynerium sagittatum* Aubl.)**  
Hernández, J.R.; Aramendiz, H.; Cardona, C.E. . . . . 5

**EFFECTO DE DOS SISTEMAS DE LABRANZAS EN GENOTIPOS TRANSGENICOS DE ALGODON (*Gossypium hirsutum* L.) EN EL VALLE DEL SINU**  
Morales, W.R.; Jiménez, N. . . . . 14  
. . .

**CARACTERIZACION DEL ACEITE ESENCIAL EN LA CORTEZA DEL LIMON SWINGLEA (*Swinglea glutinosa*) POR CG/EM**  
Díaz, C.; Arrázola, G.; Ortega, F.; Gaviria, J. . . . . 22

**TRANSMISION DE PRECIOS ENTRE MERCADOS REGIONALES GANADEROS DE COLOMBIA**  
Castillo, O.E.; Flórez, L.A. . . . . 29

**INSTRUCCIONES PARA LOS AUTORES.** . . . . . 41

## **TEMAS AGRARIOS**

REVISTA DE DIVULGACION CIENTIFICA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS  
ISSN 0122-7610  
UNIVERSIDAD DE CORDOBA  
Carrera 6 No. 76-103 Tel. 7908023 Montería - Colombia  
E-mail: rta@sinu.unicordoba.edu.co

Foto portada: Propagación por estacas de caña flecha  
Henry Hernández, I.A. Universidad de Córdoba  
Diseño, Diagramación, Impresión y Encuadernación: Gráficas del Caribe Ltda.  
Cra. 1B No. 40-42 Teléfono 7826622 Montería  
E- mail: disenograficaribe@yahoo.es

## EDITORIAL

La misión de la Universidad, y sobre todos aquellas de carácter público, es la formación de recurso humano calificado. Esta misión la cumple la institución mediante el ofrecimiento de un ambiente adecuado conformado por un número determinado de cursos dirigidos por docentes cualificados, una infraestructura de salones, laboratorios, bibliotecas y cafeterías, y una normatividad que establece los límites de la autonomía tanto institucional como personal. De otro lado la misión del docente universitario es más amplia y abarca el desarrollar competencias en los educandos, generar conocimientos para mantener esas competencias y convertir esos nuevos conocimientos en tecnologías disponibles, es decir el docente debe enseñar, investigar y aplicar.

Las simbiosis entre las dos misiones expuestas es clara, la primera no se cumple sin la segunda y la segunda necesita de la existencia de la primera; esto no es mas que el reflejo de lo que la Universidad representa: la Universidad progresa al ritmo de sus docentes y éstos lo hacen en la medida en que la primera así lo permita. Ambas partes deben reconocer la necesidad de que cada uno asuma sus compromisos para que se avance, sobre todo en el aspecto investigativo que es a ciencia cierta el que mas va a impactar tanto en la formación del recurso humano, como en la carrera docente. La Universidad debe ofrecer al docente investigador el espacio y las herramientas necesarias para lograr la búsqueda de los nuevos conocimientos y éste, debe asumir su rol institucional de impulsador de la frontera de la ciencia.

Desde éste espacio, en el cual hoy llevamos a ustedes los resultados de investigaciones que van desde los análisis económicos de mercados agrícolas hasta el ajuste de tecnologías para plantas transgénicas, pasando por el aprovechamiento eficiente de plantas artesanales y promisorias, hacemos un llamado para que las autoridades académicas proporcionen al docente investigador el espacio necesario para estimular su labor y a los docentes en general a considerar el aumento porcentual del componente investigativo en su plan individual de trabajo para que de ésta manera la Universidad y sus docentes sean mas eficaces en el cumplimiento de sus misiones.



# INFLUENCIA DEL ACIDO INDOLBUTIRICO Y ACIDO NAFTALENOACETICO SOBRE EL ENRAIZAMIENTO DE ESQUEJES DE CAÑA FLECHA (*Gynerium sagittatum* Aubl.)

## EFFECT OF INDOLEBUTIRIC ACID AND NAFTALENACETIC ACID ON ROOTING OF ARROW CANE (*Gynerium sagittatum* Aubl.) CUTTINGS

Jenry Rafael Hernández<sup>1</sup>, Hermes Aramendiz<sup>2</sup>, Carlos Enrique Cardona<sup>3</sup>

### RESUMEN

El estudio se realizó durante el segundo semestre del 2004, en la Universidad de Córdoba de Montería - Colombia, con el objetivo de evaluar el efecto de diferentes concentraciones de auxinas en la formación de raíces adventicias en estacas basales de caña flecha (*Gynerium sagittatum* Aubl.). Las estacas, de tres y cuatro nudos, se obtuvieron del tercio inferior del tallo en la variedad "Criolla". Los tratamientos empleados para la investigación correspondieron a: 0, 400, 800, 1200, 1600 y 2000 mg L<sup>-1</sup>, para AIB, ANA y AIB+ANA. Se utilizó un diseño completamente al azar, con dieciséis (16) tratamientos y tres (3) repeticiones. Se evaluaron las variables número de raíces, longitud máxima de raíces, masa seca de raíces, porcentaje de enraizamiento, número de brotes, número de hojas y longitud máxima de brotes. El AIB a 2000 mg L<sup>-1</sup> propicio el mayor número de raíces por estaca y cuando se utilizó ANA a 400 mg L<sup>-1</sup> y AIB + ANA a 1200 mg L<sup>-1</sup> se logró obtener un 100% de estacas enraizadas, en tanto que con el testigo un 75 % de enraizamiento. Así mismo, AIB + ANA a 400 mg L<sup>-1</sup>, indujo resultados satisfactorios para longitud máxima de raíz y masa seca de raíz. Por consiguiente, para propagar rápida y masivamente la caña flecha por medio de estacas, resulta efectivo el uso de ANA a 400 mg L<sup>-1</sup> por su menor costo, colectando las estacas cuando las plantas madres estén con buen vigor vegetativo y con poco grado de lignificación.

**Palabras clave:** Propagación vegetativa, raíces adventicias, fitoreguladores

---

<sup>1</sup>Ingeniero Agrónomo. Universidad de Córdoba, Grupo de Investigación en Cultivos Tropicales de Clima Cálido, Montería, Córdoba. E-mail: jerryrafael76@yahoo.com

<sup>2</sup>Ingeniero Agrónomo, Ph.D. Docente Universidad de Córdoba, Grupo de Investigación en Cultivos Tropicales de Clima Cálido. E-mail: haramendiz@hotmail.com

<sup>3</sup>Ingeniero Agrónomo, M.Sc. Docente Universidad de Córdoba, Grupo de Investigación en Cultivos Tropicales de Clima Cálido. E-mail: ccardona@sinu.unicordoba.edu.co

## ABSTRACT

The present study was done during the second semester of 2004, in the Universidad de Córdoba Experimental Field (Montería – Colombia). The main objective was to evaluate different exogenous auxin type and concentrations on rooting of *Gynerium sagittatum* cuttings, with three to four knots, taken from the third stem basal section. The treatments consisting of 0, 400, 800, 1200, 1600 and 2000 mg L<sup>-1</sup>, for AIB and ANA and a combination of IBA+NAA were distributed using a complete randomized design with three replicates for each treatment. The evaluated variables were root number, maximum root length and root dry mass, rooting percentage, shoot number, maximum shoot length and leaf number. The results showed that 2000 mg L<sup>-1</sup> of IBA induced the higher number of roots per cutting and 400 mg L<sup>-1</sup> of NAA and 1200 mg L<sup>-1</sup> of IBA + NAA produced a 100% rooting while only a 75 % rooting was achieved in the control treatment. A 400 mg L<sup>-1</sup> of IBA+ NAA showed good results for root length and root dry mass. In order to obtain cost adequate plants, we recommend the use of 400 mg L<sup>-1</sup> of NAA on cuttings taken from active vegetative growing stock plants.

**Key words:** Vegetative propagation, adventitious roots, plant growth regulators

## INTRODUCCION

La caña flecha es una gramínea no cultivada de la cual se extrae la fibra de la nervadura central de las hojas para la elaboración de diversas artesanías (sombreros, gorros, pulseras, carteras, etc.), por las comunidades indígenas Zenúes que habitan en los departamentos de Córdoba y Sucre (CVS *et al.*, 2002).

La explotación intensiva y caótica de la especie, para el suministro y atención de la demanda de los comercializadores de artesanías, pone en riesgo su acervo genético; ante la deficiencia de cultivos comerciales y la falta de semilla asexual de buena calidad. En este orden de ideas, la propagación vegetativa, mediante la utilización de esquejes, se muestra como una alternativa eficaz para el suministro de semilla.

La propagación de la caña flecha es principalmente de tipo asexual, para lo cual se utilizan hijuelos, estacas y trasplante de plantas adultas, con un prendimiento de las mismas entre un 50 a 60 por ciento (CVS *et al.*, 2002). Se producen así nuevas plantas que son genéticamente iguales a las plantas madres (Hartmann y Kester, 1997). La

propagación por estacas de dicha especie ha resultado poco exitosa, generando pérdidas en el establecimiento de cultivos; no obstante, se reporta un 52.5% de enraizamiento en estacas de tres nudos y 62.5% en estacas de cuatro nudos, sembradas verticalmente en bolsas (Barrios y Echavarría, 1993). En este sentido, el uso de fitohormonas puede contribuir a la propagación asexual, en forma acelerada y puede constituirse en una herramienta excelente para la producción de semilla sexual, libre de problemas fitosanitarios.

Las auxinas intervienen en diferentes actividades de la planta como crecimiento del tallo, formación de raíces, inhibición de las yemas laterales, abscisión de hojas y frutos al igual que en la activación de las células del cambium (Hartmann y Kester, 1997). Su principal efecto es la estimulación del alargamiento celular o su depresión según la concentración (Rojas y Ramírez, 1993).

Uno de los estimulantes del enraizamiento es la auxina ácido indolbutírico (AIB), el cual tiene una actividad auxínica débil y los sistemas de enzimas destructores de auxinas la destruyen en forma relativamente lenta. Otra auxina excelente utilizada con

frecuencia en la promoción de raíces es el ácido naftalenacético (ANA); sin embargo, este producto es más tóxico que el AIB y deben evitarse las concentraciones excesivas del mismo por el peligro de provocar daños en las células (Weaver, 1987).

García y Hernández (2004), reportaron enraizamiento en estacas de caña flecha colectadas en época seca, aplicando las auxinas AIB, ANA y la combinación de ambos, con concentraciones de 2000, 4000, 6000 y 8000 mg L<sup>-1</sup>, obteniendo los mejores resultados con AIB a 2000 mg L<sup>-1</sup> con un 64% y a la vez encontraron que las concentraciones por encima de 2000 mg L<sup>-1</sup> generaron fitotoxicidad. Bonell (1980), señaló que los tejidos de plantas monocotiledóneas tienen dificultad para responder a la aplicación de auxinas y una baja capacidad de los meristemas, para el caso de caña de azúcar, para reaccionar a las aplicaciones exógenas de estas sustancias de crecimiento. Couvillon (1985), reportó que las soluciones de AIB a concentraciones entre 1000 y 5000 mg L<sup>-1</sup> proporcionaron los mejores resultados de enraizamiento con estacas leñosas de durazno (*Prunus persica* L.); lo cual fue corroborado por Tonietto *et al.* (1997), quienes observaron un incremento del número de estacas enraizadas en el cultivar Diamante cuando éstas fueron tratadas con soluciones de AIB a concentración de 1752 mg L<sup>-1</sup>. Waever (1987), afirma que la capacidad de las estacas para enraizar es afectada por la época de colecta y a éste respecto, Hoffmann *et al.* (1995), anotan que diversos factores están relacionados con la época ideal de colecta, tales como el grado de lignificación, estado fisiológico, balance hormonal y estado nutricional de las plantas madres.

El objetivo del presente trabajo fue aumentar la capacidad de enraizamiento de estacas basales de caña flecha (*Gynerium sagittatum* Aubl.), mediante la aplicación de ácido indolbutírico (AIB) y ácido naftalenacético (ANA) a diferentes concentraciones.

## MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó en el vivero de la Universidad de Córdoba, en Montería (Córdoba), ubicada a una altura de 13 msnm. Sus coordenadas geográficas corresponden a 8° 44' de Latitud Norte y 75° 53' de Longitud Oeste, con respecto al meridiano de Greenwich. La localidad presenta 28 °C de temperatura media, 6.8 horas diarias de brillo solar y 83% de humedad relativa, con régimen unimodal de lluvias que aporta 1200 mm de precipitación promedio al año. Se encuentra en la zona de transición de bosque húmedo a bosque seco tropical.

El material vegetal consistió de estacas de 3 y 4 nudos obtenidas de culmos del banco de germoplasma de caña flecha de la Universidad de Córdoba de la variedad "Criolla". Los esquejes se trataron previamente con una solución de fungicida más insecticida (Oxicloruro de cobre 5 g L<sup>-1</sup> y Malathion 2 cc L<sup>-1</sup> de agua).

Se utilizó el diseño experimental completamente al azar, con 16 tratamientos y 3 repeticiones; cada unidad experimental estuvo conformada por 5 estacas. Los tratamientos aplicados fueron AIB, ANA y AIB + ANA, a las concentraciones de 0, 400, 800, 1200, 1600 y 2000 mg L<sup>-1</sup>, cada una. Se evaluaron las variables correspondientes a: número de raíces por estacas, longitud máxima de raíces, masa seca de raíces, número de brotes por estaca, longitud máxima de brotes, número de hojas y porcentaje de enraizamiento. Se hicieron evaluaciones a los 30 días sobre la base de un estaca por cada unidad experimental; en tanto que a los 60 días sobre toda la población de cada parcela.

La presentación de los reguladores de crecimiento utilizados fue en polvo con una pureza del 99% y se disolvieron en agua destilada adicionando hidróxido de potasio (KOH 1N), hasta obtener una dilución completa con ajuste de pH de 6.5 a 7.0. Su

aplicación se hizo sumergiendo aproximadamente 5 cm de la base de cada estaca durante 1 h en la solución de acuerdo con la dosis de cada tratamiento.

La información obtenida se sometió a su respectivo análisis de varianza, contrastes ortogonales y prueba de Tukey. Se hizo necesario usar la transformación logarítmica en las variables número de raíces por estacas, longitud máxima de raíces, masa seca de raíces, número de brotes, longitud máxima de brotes y número de hojas ( $\log Y+5$ ), ante el incumplimiento de algunos supuestos estadísticos.

## RESULTADOS Y DISCUSION

La evaluación a los 30 días después de la siembra de los esquejes no acusó diferencias significativas ( $Pr>0.05$ ) para ninguna de las variables bajo las condiciones en las cuales se efectuó el estudio, hecho éste que concuerda con lo informado por Poliszulk *et al.* (1999). Sin embargo, se presentaron promedios generales satisfactorios con respecto al número de raíces por estaca (2.38), longitud máxima de raíz (3.38 cm), número de brotes (2.13), longitud máxima de brotes (2.43 cm), número de hojas (2.06) y masa seca por estaca (1.65 g). Lo anterior permite afirmar que a los 30 días, las auxinas sintéticas y sus diferentes concentraciones evaluadas, no tuvieron ningún efecto diferencial sobre las variables estudiadas, lo cual se puede atribuir a que posiblemente las auxinas exógenas no tuvieron un reconocimiento de las células blanco y/o de la proteína receptora para originar un cambio metabólico. Esa homogeneidad en su respuesta puede obedecer a que las estacas fueron cosechadas en época lluviosa con suficiente acumulación de auxinas, que le otorga mayor capacidad de los tejidos de sintetizar IAA, lo que favoreció el movimiento basipétalo para que las mismas presentaran brotes y enraizaran con facilidad, lo que concuerda con lo expresado en el mismo

sentido, por Weaver (1987), Da Fonseca *et al.* (1991), Salisbury y Ross (1994), Hoffmann *et al.* (1995) y Rosal y Kersten (1997).

A los 60 días no se encontró diferencias entre los diferentes tratamientos para las variables número de brotes por estaca, número de raíces, longitud máxima de raíces, número de hojas y porcentaje de enraizamiento, mientras que se observó significancia ( $Pr<0.05$ ) para longitud máxima de brotes y masa seca de raíces (Tabla 1). En lo referente a las comparaciones planeadas, destaca que las auxinas exógenas no mostraron una diferencia significativa frente al testigo en todas las variables evaluadas; registrándose como de mayor interés por su efecto particular los contrastes de 1200 vs 1600 mg L<sup>-1</sup> de ANA para longitud máxima de brotes y 400 vs 800 mg L<sup>-1</sup> de AIB + ANA para longitud máxima de raíces que acusaron significancia ( $Pr<0.05$ ); 1200 vs 1600 mg L<sup>-1</sup> de ANA ( $Pr<0.05$ ) y 400 vs 800 mg L<sup>-1</sup> de AIB + ANA ( $Pr<0.01$ ) para masa seca de raíces, y 400 vs 800 mg L<sup>-1</sup> de ANA ( $Pr<0.05$ ) y 1200 vs 1600 mg L<sup>-1</sup> de AIB + ANA ( $Pr<0.01$ ) en el porcentaje de enraizamiento. Esta irregularidad en la conducta de las auxinas exógenas posiblemente obedezca a que las altas concentraciones actúan como inhibidores en el transporte basipétalo de las auxinas independientemente del sitio de aplicación, generando una menor respuesta de las variables estudiadas, por una menor disponibilidad de AIA (ácido indoleacético), lo que repercute en la diferenciación celular como lo registraron Reed *et al.* (1998) y Guerrero *et al.* (1999); pudiendo llegar a causar fitotoxicidad en la células tanto a nivel individual como en mezcla de los diferentes tratamientos, lo que concuerda con lo reportado por Bidwell (1993) y Rosal y Kersten (1997).

El número de brotes osciló entre 1.89 a 2.29 con un promedio de 2.13 (Tabla 1). Lo antes anotado, indica que las auxinas solas o en mezcla, no registraron un estímulo significativo en esta variable. La ausencia de

**Tabla 1.** Valores medios transformados (log Y+5) de dos fitohormonas para siete características, (excepto porcentaje de enraizamiento), evaluadas a los 60 días después de su aplicación. Montería 2005

Auxina	Concentración (mg L <sup>-1</sup> )	Número de brotes	Longitud de brote (cm)	Número de raíces	Longitud de raíz (cm)	Masa seca de raíz (g)	Número de hojas	Enraizamiento (%)
TESTIGO	0	2.16 a <sup>1</sup>	3.28 ab*	2.30 a*	3.44 a*	1.68 ab*	3.40 a*	75.00 a*
AIB	400	2.06 a	3.12 ab	2.44 a	3.59 a	1.68 ab	2.79 a	75.00 a
AIB	800	2.22 a	3.11 ab	2.32 a	3.46 a	1.65 ab	3.53 a	91.67 a
AIB	1200	2.08 a	3.13 ab	2.53 a	3.64 a	1.67 ab	3.09 a	75.00 a
AIB	1600	2.20 a	3.58 a	2.87 a	3.78 a	1.72 ab	3.53 a	83.33 a
AIB	2000	2.22 a	3.74 a	2.89 a	3.57 a	1.75 ab	3.50 a	91.67 a
ANA	400	2.16 a	2.89 ab	2.56 a	3.52 a	1.66 ab	3.34 a	100.0 a
ANA	800	1.98 a	2.23 ab	2.44 a	3.52 a	1.66 ab	2.92 a	66.67 a
ANA	1200	2.12 a	1.81 b	2.30 a	3.12 a	1.65 ab	3.15 a	91.67 a
ANA	1600	2.19 a	3.76 a	2.81 a	3.86 a	1.76 ab	3.35 a	83.33 a
ANA	2000	1.99 a	3.56 a	2.80 a	3.82 a	1.68 ab	3.07 a	75.00 a
AIB+ANA	400	2.19 a	3.38 ab	2.43 a	3.93 a	1.79 a	3.45 a	75.00 a
AIB+ANA	800	2.15 a	2.76 ab	2.25 a	3.03 a	1.63 b	3.25 a	75.00 a
AIB+ANA	1200	2.29 a	3.01 ab	2.40 a	3.53 a	1.67 ab	3.47 a	100.0 a
AIB+ANA	1600	1.89 a	3.38 ab	2.32 a	3.63 a	1.65 ab	2.75 a	58.33 a
AIB+ANA	2000	2.24 a	3.25 ab	2.35 a	3.21 a	1.72 ab	3.46 a	91.67 a
PROMEDIO		2.13	3.12	2.50	3.54	1.69	3.25	81.77
C.V. <sup>2</sup> (%)		13.53	17.84	13.53	12.42	3.14	11.87	22.50

<sup>1</sup>Medias con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ( $P < 0.05$ )

<sup>2</sup>Coeficiente de Variación

una respuesta marcada posiblemente obedezca a la particularidad de las especies semileñosas y leñosas como anotan Botelho *et al.* (2005). Situación que concuerda con Breen y Muraoka (1974), quienes sugieren que la presencia de brotes, estimula la formación de hojas jóvenes que contribuyen a la producción de auxinas y co-factores de enraizamiento transportados a la parte basal de las estacas. Además, el proceso de fotosíntesis en las hojas pudo haber sido el responsable de la síntesis de carbohidratos necesarios para la formación y crecimiento

de raíces (Fontanazza y Rugini, 1977; Avidan y Lavee, 1978; Caballero y Nahlawi, 1979; Davis, 1988).

La longitud máxima de brotes fluctuó entre 1.81 a 3.76 cm con una media de 3.12 cm (Tabla 1). Los registros contenidos en dicha tabla indican que el tratamiento de 1200 mg L<sup>-1</sup> de ANA fue el más bajo registro (1,28 cm) frente al testigo (3.28 cm). Las comparaciones ortogonales acusaron diferencias estadísticas cuando se comparó AIB vs ANA, resultando mucho más efectivo AIB con un promedio de

3.34 cm por brote respecto al de ANA de 2.85 cm, lo que señala que la auxina AIB es bastante efectiva en esta especie y relativamente estable en su respuesta, lo que coincide con lo manifestado por Pires y Biasi (2003). También se registró diferencias altamente significativas ( $Pr < 0.0001$ ) cuando se compararon las concentraciones 1200 vs 1600 mg L<sup>-1</sup> de ANA, siendo más eficiente la de 1600 ppm con 3.76 cm, respecto a 1200 mg L<sup>-1</sup> con 1.81 cm (Tabla 1). La poca longitud de los brotes puede ser atribuido a una escasa cantidad de auxinas o a falta de cofactores de crecimiento, como lo expresan Costa y Baraldi (1983) y Mattiuz y Fachinella (1996) en estudios realizados en kiwi (*Actinida chinensis*).

El número de raíces varió entre 2.25 y 2.89 con una media de 2.50 (Tabla 1). La falta de significancia se explica por la presencia de brotes y el desarrollo de los mismos en la formación de hojas y causar un pobre estímulo en el crecimiento de raíces. El contraste AIB, ANA vs AIB + ANA detectó significancia ( $Pr < 0.05$ ) de probabilidad estadística, en la cual resultaron superiores los tratamientos individuales con relación a las mezclas y ello obedece a un posible sinergismo negativo de dicha mezcla. Así mismo, el contraste AIB (400, 800 mg L<sup>-1</sup>) vs AIB (1200, 1600, 2000 mg L<sup>-1</sup>), resultó significativo ( $Pr < 0.05$ ), a favor de las dosis altas, lo que corrobora el efecto benéfico de AIB en la formación de raíz. El poco número de raíces formadas en todos los tratamientos, puede obedecer a la edad de las plantas de donde se obtuvieron dichas estacas, circunstancia ésta que concuerda con lo reportado por Hartman y Kester (1997), Da Fonseca *et al.* (1991) y Pasinato *et al.* (1998), quienes señalan como responsable a la lignificación de los tejidos y el contenido de carbohidratos.

Los resultados obtenidos con AIB, ANA y AIB + ANA a 800, 400 y 1200 mg L<sup>-1</sup> son divergentes a los reportados por García y Hernández (2004), cuando estudiaron la

respuesta de esta auxina a concentraciones de 2000, 4000, 6000 y 8000 mg L<sup>-1</sup> sobre estacas cosechadas en época seca. A este respecto Hartmann y Kester (1997), manifiestan que el estímulo al enraizamiento se da hasta una determinada concentración, a partir de la cual el efecto pasa a ser inhibitorio y es lo que pudo suceder con los tratamientos aplicados.

La longitud máxima de raíz osciló entre 3.03 y 3.93 cm con una media de 3.54 cm (Tabla 1). Se detectaron diferencias estadísticas ( $Pr < 0.05$ ) en los contrastes 1200 vs 1600 mg L<sup>-1</sup> de ANA y 400 vs 800 mg L<sup>-1</sup> de AIB + ANA, resultando superiores las concentraciones de 1600 mg L<sup>-1</sup> de ANA y 800 mg L<sup>-1</sup> de AIB + ANA. Respuestas similares reportan García y Hernández (2004), quienes obtuvieron el mayor promedio con AIB + ANA a 2000 mg L<sup>-1</sup>. En términos generales, el crecimiento de las raíces se estimula positivamente cuando se utilizan las auxinas AIB y ANA combinados a bajas concentraciones causando una diferenciación y elongación de las células meristemáticas, lo que garantiza un desarrollo radical más rápido para empezar a absorber nutrientes (Cifuentes y Clavijo, 1989). Así mismo, el efecto de la aplicación de una cantidad conocida de fitorregulador, se añade al de las hormonas endógenas que se encuentran en concentraciones variables, de modo que la reacción no será uniforme (Rojas y Ramírez, 1993).

La masa seca de raíz fluctuó entre 1.63 y 1.79 g con una media de 1.69 g. El análisis de variancia acusó diferencias estadísticas ( $Pr < 0.05$ ) entre tratamientos. En los tratamientos aplicados hubo acumulación de masa seca en raíces y se encontró correspondencia entre la longitud máxima de raíz y masa seca de raíz para los valores máximos y mínimos entre éstas dos variables, como un reflejo de la longitud máxima de los brotes que le permite a las hojas aumentar su área disponible para la producción de fotosintatos destinados a la formación y crecimiento del sistema radical. El

tratamiento de menor acumulación correspondió a la mezcla de 800 mg L<sup>-1</sup> de AIB + ANA con 1.63 g y el mayor valor a la mezcla de 400 mg L<sup>-1</sup> de ANA + AIB con 1.79 g (Tabla 1).

El número de hojas osciló entre 2.75 y 3.53 con un promedio de 3.25 hojas por estacas. El anava no detectó significancia estadística entre tratamientos; correspondiendo el valor más bajo al tratamiento 1600 mg L<sup>-1</sup> de AIB + ANA y el más alto a 400 mg L<sup>-1</sup> de ANA y 1600 mg L<sup>-1</sup> de AIB. El testigo arrojó un valor bastante significativo y corrobora con su resultado lo anotado por Breen y Muraoka (1974), quienes señalan que la presencia de brotes estimula la formación de hojas como respuesta a los contenidos endógenos de auxinas.

El porcentaje de enraizamiento no registró diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. Este caracter osciló entre 58.33% y 100% con una media de 81.77 % (Tabla 1). El AIB como ANA y sus respectivas mezclas estimularon el enraizamiento en todos los tratamientos y aun cuando no hubo diferencias significativas entre tratamientos frente al testigo que reportó un 75%. Los tratamientos 400 mg L<sup>-1</sup> de ANA y 1200 mg L<sup>-1</sup> de AIB + ANA alcanzaron un 100%, ello señala que dosis bajas son favorables para causar un estímulo positivo

en el enraizamiento de estacas de caña flecha, lo que concuerda con lo reportado por Pasinato *et al.* (1998).

La baja respuesta de los tratamientos con 1600 mg L<sup>-1</sup> AIB + ANA y de 800 mg L<sup>-1</sup> ANA para el porcentaje de enraizamiento, posiblemente obedezca al menor número de brotes originados y por ende, un menor estímulo en la síntesis de auxinas y cofactores fundamentales para el proceso de división celular y con ello la formación de raíces.

## CONCLUSIONES

- La aplicación de los reguladores del crecimiento ANA y la combinación AIB + ANA, a 400 y 1200 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente, garantizan un enraizamiento del 100%, por lo que constituyen una buena alternativa en el enraizamiento de caña de flecha.
- La caña flecha resulta susceptible a la aplicación de dosis altas de auxinas exógenas, las células a causa de fitotoxicidad.
- Se puede producir plantas de caña flecha sin la aplicación de fitohormonas con un 75% de enraizamiento a los 60 días.

## BIBLIOGRAFIA

- Avidan, B. y Lavee, S. 1978. Physiological aspects of the rooting ability of olive cultivars. *Acta Horticulturae* 79: 93-101.
- Barrios J. y Echavarría D. 1993. Evaluación de la propagación por estacas de la caña flecha (*Gynerium sagittatum* Aubl Beau.). Tesis Ingeniero Agrónomo, Universidad de Córdoba, Montería, p.1-28.
- Bidwell, R. 1993. Fisiología vegetal. Control hormonal del desarrollo de plantas. AGT Editor S.A, México, p.599-608.
- Bonell, E. 1980. Evaluation anatomique et variabilite cytogetique desimplants foliaires de canne a sucre cultivos in vitro. These presentée a L'Universite de Paris. X I. Centre D'Ersay pour obtenir le Diplome de

- Docteur de Spécialité D'amélioration des plantes. (3 emecycle) 96 p.
- Botelho, R.; Maia, A. ; Pires, E. ; Paioli, M. y Schuck, E. 2005. Effects of plant regulators on the vegetative propagation of vine rootstock '43-43' (*Vitis vinifera* x *V. rotundifolia*). Revista Brasileira de Fruticultura 27(1):6-8
- Breen, P. y Muraoka, T. 1974. Effect of leaves on carbohydrate content and movement of 14 C-assimilate in plum cuttings. Journal of the American Society for Horticultural Sciences 99(4):326-332
- Caballero, J. y Nahlawi, N. 1979. Influence of carbohydrates and washing with water on the rooting of the Gordal cultivar of the olive (*Olea europaea* L.). Anais Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias, Serie Producción Vegetal, Madrid,11:219-230
- Cifuentes, F. y Clavijo, J. 1989. Propagación por estacas en Lulo, (*Solanum quitoense* Lan). Revista Agronomía Colombiana 6:37-41.
- Costa, G. y Baraldi, R. 1983. Ricerche sulla propagazione per taleae legnosa dell'*Actinida chinensis*. Rivista della Ortoflorofrutticoltura Italiana 67(2):123-128.
- Couvillon, G. 1985. Propagation and performance of inexpensive peach trees from cuttings for high density peach plantings. Acta Horticulturae 173:271-282.
- CVS (Corporación Autónoma de los Valles de Sinú y el San Jorge), CARSUCRE (Corporación Autónoma Regional de Sucre), MINAMBIENTE (Ministerio del medio ambiente) y FONADE (Fondo nacional de desarrollo). 2002. Boletín informativo. La caña flecha, presente y futuro para un pueblo artesano. 20p.
- Da Fonseca, C.; Sperandio, J.; Fernández, M.; Bueno, D. y Lima, R. 1991. Propagação vegetativa do jacaranda da baía (*Dalbergia nigra* Fr. Allem) através da estaquia. Pesquisa Agropecuaria Brasileira 26(1):31-37.
- Davis, T. 1988. Photosynthesis during adventitious rooting. En: Davis, T.; Haissig, B. y Sankhla, N. (Ed). Adventitious Root Formation in Cuttings. Dioscorides Press, Portland, p.214-234.
- Fontanazza, G. y Rugini, E. 1977. Effect of leaves and buds removal on rooting ability of olive tree cuttings. Olea Córdoba 2: 9-28.
- García J. y Hernández M. 2004. Efecto de dos fitorreguladores sobre la formación de raíces en estacas de caña flecha (*Gynerium sagittatum* Aubl Beau.). Tesis Ingeniero Agrónomo, Universidad de Córdoba, Montería, 68p.
- Guerrero J.; Garrido G.; Acosta M. y Sanchez Bravo J. 1999. Influence of 2,3,5-triiodobenzoic acid and 1-N-naphthylphthalamic acid on indoleacetic acid transport in carnation cuttings: relationship with rooting. Journal of Plant Growth Regulation 18(4):183-190
- Hartmann, M. y Kester, D. 1997. Propagación de plantas. Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V., México, p.137-215
- Hoffmann, A.; Fachinella, J. y Dos Santos, A. 1995. Propagação de mirtilo (*Vaccinium ashei* Reade) através de

- estacas. Pesquisa Agropecuária Brasileira 30 (2): 231-236,
- Mattiuz, B. y Fachinella, J. 1996. Enraizamiento de estacas de kiwi *Actinidia deliciosa* (A. Chev) C.I. Liang & A.R. Ferguson var. deliciosa. Pesquisa Agropecuaria Brasileira 31(7):503-508.
- Pasinato, V.; Nachtigal, J. y Kersten, E. 1998. Enraizamiento de estacas leñosas de cultivares de ameixeira (*Prunus spp*) em condições de campo. Scienti Agrícola 55(2):265-268
- Pires, E. y Biasi, L. 2003. Propagação da videira. En: Pommer, C. La Uva: tecnologia de produção, pós-colheita, mercado. Cinco Continentes, Porto Alegre, p.295-350.
- Poliszulk, H.; Silva, W.; Ferrer, M.; Betancourt, E. y Rivero, G. 1999. Efectos de distintos tratamientos hormonales en la inducción de raíces adventicias en estacas apicales de Búcaro "*Bucida buceras*". Revista Facultad Agronomía, 16 (1): 71-75.
- Reed R.; Brady S. y Muday G. 1998. Inhibition of auxin movement from shoot into the roots inhibits lateral root development in *Arabidopsis*. Plant Physiology 118(4):1369-1378
- Rojas, G. y Ramírez, H. 1993. Control hormonal del desarrollo de las plantas. Limusa, México, 263p.
- Rossal, P. y Kersten, E. 1997. Efeito do ácido indolbutírico no enraizamento de estacas de laranjeira cv. valência (*Citrus sinensis* Osbeck) sob condições intermitentes de nebulização. Scienti Agrícola 54 (1-2):9-13.
- Salisbury, F. y Ross, C. 1994. Fisiología Vegetal. Editorial Iberoamérica, México, p. 200-274.
- Tonietto, A.; Dutra, L. F.; Kersten, E. 1997. Influencia do ácido indolbutírico e ethephon no enraizamento de estacas de pessegueiro (*Prunus persica* (L.) Batsch)..Ciência Rural, Santa Maria 27( 4 ) : 567-569.
- Weaver, R. 1987. Reguladores de crecimiento de las plantas en la agricultura. Trillas, México, p.143-163.

# EFECTO DE DOS SISTEMAS DE LABRANZAS EN GENOTIPOS TRANSGENICOS DE ALGODON (*Gossypium hirsutum* L.) EN EL VALLE DEL SINU

## EFFECT OF TWO CULTIVATION SYSTEMS ON TRANSGENIC COTTON (*Gossypium hirsutum* L.) GENOTYPES IN THE MID SINU VALLEY

William Rafael Morales<sup>1</sup>, Nora Jiménez<sup>2</sup>

### RESUMEN

Contribuir al diseño de un plan de manejo para genotipos transgénicos, acorde con las condiciones ambientales de la zona del Valle del Sinú, permitirá la optimización del uso de esta tecnología. Es de interés establecer una línea base de información de manejo de los genotipos transgénicos de algodón mediante la evaluación de sistema de labranza eficiente y rentable en el uso de las variedades RR (Roundup Ready) y Bt (*Bacillus thuringiensis*). El trabajo se realizó en el C.I. Turipaná, se utilizó un diseño de parcelas divididas (factores: labranza y variedad), con tres repeticiones. La altura de la planta fue menor en el sistema de labranza convencional, las condiciones de la siembra directa permitieron mayor conservación de agua almacenada en el suelo y crecimiento de las plantas. La altura no fue afectada por la variedad, el número de ramas, motas, retención de estructura por posición y sitios con aborto de frutos no fueron afectados por los factores analizados ni su interacción. Las variedades Delta Opal y NuOpal fueron superiores en rendimientos a los presentados por la variedad RR; esta diferencia del rendimiento se debió posiblemente al efecto que produce el gen incorporado en la variedad RR sobre la fisiología de la planta. La siembra directa presentó condiciones favorables tales como mayor retención de humedad para que se exprese un mayor peso de mota en las variedades evaluadas. Económicamente el mejor tratamiento fue siembra directa con material Delta Opal con una tasa de retorno marginal de 18,4%

**Palabras claves:** Labranza convencional, gen, glifosato, Bt

### ABSTRAC

To contribute to the design of a plan of handling for transgenic genotypes, agreed with the environmental conditions of the Sinú valley, will allow the optimization of the use of this technology. It is of interest to establish a line base of handling information for the transgenic cotton genotypes by means of the evaluation of system of efficient and profitable farming in the use of the varieties RR and Bt. The work

---

<sup>1</sup>Ingeniero Agrónomo Ms.C. Investigador Plan Nacional Algodón, Corpoica, Turipaná.

<sup>2</sup>Ingeniero Agrónomo, Ms.C. Investigador, Línea MIP, Corpoica, Turipaná

was made in the C.I. Turipaná, a design of divided parcels was used (factors: farming and variety), three replicates. The height of the plant was lower in the conventional system farming, the conditions of movement of the ground in direct seedtime did not allow to greater conservation of the stored water and growth in the cotton plants. The height was not affected by the variety. The number of branches, specks, retention of structure by position and sites with abortion of fruits were not affected by the factors analyzed nor its interaction. The varieties Opal Delta and NuOpal were superior in yields to the presented/displayed ones by variety RR. This difference of the yield was possibly due to the effect of the gene incorporated in the variety RR on the physiology of the plant. Direct seedtime presented/displayed favorable conditions such as greater humidity retention so that a greater weight of speck is expressed. Economically the best treatment was direct Sowing of Opal Delta with a rate of marginal return of 18,4%.

**Key words:** Conventional cultivation, gene, glifosato, Bt

## INTRODUCCION

La biotecnología agrícola es un conjunto de recursos para mejorar la productividad agrícola, con creciente éxito y aceptación. La Agencia de Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) publicó en Junio de 2004 un informe sobre los cultivos transgénicos, el cual dice que entre 1996 y 2003 el área mundial de cultivos transgénicos ha aumentado 40 veces, pasando de 1.7 millones ha en 1996 a 67.7 millones ha en 2003. Este incremento en el área se debe a que 7 millones de agricultores en 18 países del mundo decidieron adoptar esta tecnología. En la actualidad la mayor concentración del área de siembra se encuentra en seis países: Estados Unidos, Argentina, Canadá, Brasil, China y Sudáfrica, los cuales responden por el 99% del área mundial sembrada con cultivos transgénicos (García, 2004).

En Colombia, fue en el Valle del Sinú en el año 2003, después de 5 años de pruebas adelantadas por el ICA, donde se inicia la siembra comercial de algodones modificados genéticamente (Bollgard), con 6800 ha de la variedad NuOpal (Bt), resistente a plagas lepidópteras. También, de manera simultánea, en la cosecha 2004-2005 se iniciaron las pruebas semicomerciales con algodones transgénicos Roundup Ready (RR), que ofrecen tolerancia a glifosato.

Las multinacionales propietarias de estos materiales modificados genéticamente como Monsanto, el Departamento de Agricultura (USDA) y algunas universidades de los Estados Unidos investigan en este tema con el objeto de diseñar un plan de manejo acorde con las condiciones ambientales y socio-económicas de cada zona en particular. En otros países esta responsabilidad es de las instituciones de investigación agropecuaria. Ante este panorama, el aporte que puede dar la investigación nacional en la optimización del uso de variedades modificadas genéticamente (evaluación, ajuste y generación de tecnologías complementarias), es importante para la expansión y establecimiento de estas tecnologías. En el departamento de Córdoba, más del 60% del área se siembra con algodones transgénicos (principalmente Bt), lo cual representa una inversión de alto valor para el agricultor (Corpoica, 2004). Debido a lo anterior, se requiere brindar acompañamiento técnico al productor sobre los últimos desarrollos tecnológicos que permitan el éxito del cultivo, desde su fase de establecimiento (buena germinación de semilla), hasta su cosecha. Como respuesta a estas problemática se planteó un estudio que tuvo como objetivo la evaluación del efecto de la siembra directa y la labranza convencional sobre el comportamiento de variedades transgénicas de algodón RR y Bt en el Valle del Sinú.

## MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se realizó en la temporada algodonera 2004 - 2005 en el C.I. Turipaná, ubicado en la zona algodonera del Valle Medio del Sinú, Caribe Húmedo Colombiano (coordenadas 8º, 31' N y 75º 58' W, 13 m.s.n.m). El suelo del área de ensayo presenta textura franco arcillosa, con densidad aparente de 1.12 g cm<sup>3</sup> y con estructura moderadamente estable, clasificado taxonómicamente como Fluvaquentic endoaquept franco (Martínez, 2004), con promedios de 2.2% de materia orgánica y pH de 5.9. La incidencia de plagas fueron corregidas mediante controles químicos secuenciales. La siembra del ensayo se realizó el 12/09/2004. Para determinar el mejor sistema de labranza para la siembra de genotipos transgénicos de algodón (Bt y RR) se utilizó un diseño de parcelas divididas, siendo la parcela principal el sistema de preparación de suelo y la subparcela la variedad sembrada (Delta Opal, NuOpal y RR) con tres repeticiones. La unidad experimental constó de 10 surcos de 10 m de largo separados a 80 cm y cinco plantas por metro. Los sistemas de labranza evaluaron fueron: 1) Convencional, con un pase de rastra y dos pases de pulidor; 2) Siembra directa o labranza cero consistente de siembra sobre el rastrojo del cultivo anterior.

El manejo de las malezas en los sistemas de siembra directa y labranza convencional se realizó con una aplicación total en presiembra de glifosato (RoundUp®). Los controles postemergentes se realizaron con aplicaciones dirigidas de Glufosinato de amonio (Finale®) en el sistema de siembra directa, y Finale® y Karmex® en el sistema de labranza convencional en las variedades Delta Opal y NuOpal, mientras que en la variedad RR (en siembra directa y labranza convencional) se aplicó en forma total RoundUp Spectra® cuando las planta presentaron 4 hojas verdaderas, con una segunda aplicación 15 días después dirigida

al surco tocando la base del tallo.

Se realizó un mapeo de la planta al momento de la cosecha en donde se midieron las siguientes variables de respuestas: Altura de planta, número de ramas reproductivas, porcentaje de retención de estructuras reproductivas, número motas a cosecha y los componentes del rendimiento: peso de mota, porcentaje de fibra, rendimiento algodón semilla y rendimiento de fibra.

## RESULTADOS Y DISCUSION

La Tabla 1 registra los análisis estadísticos efectuados a altura de plantas, número de motas, ramas reproductivas y abscisiones. En términos generales, se encontraron diferencias en la altura de la planta, por efecto del sistema de labranza. La altura de las plantas fue significativamente favorecida por el sistema de siembra directa con respecto a la siembra convencional, en este último sistema las plantas presentaron una altura inferior en 9 cm. Las condiciones de no-movimiento del suelo en la siembra directa permitieron mayor conservación del agua almacenada previamente (precipitación de 24 mm antes de la siembra), lo que permitió mayor desarrollo vegetativo inicial con respecto a la labranza convencional donde se conserva menor humedad del suelo. En este último sistema, el agua que se encontraba almacenada en el suelo fue expuesta a las altas temperaturas del día con la consecuente pérdida por evaporación, ocasionando plantas con menos desarrollo. La disponibilidad de agua (lluvias) durante la época de desarrollo del ensayo fue de 154 mm y hubo necesidad de efectuar dos riegos suplementarios de 14 mm cada uno para suplir las necesidades del cultivo. Lo anterior permite concluir que cuando se requieran realizar siembras de algodón en el mes de octubre, es mejor no hacer ningún tipo de movimiento de suelo para evitar perder el agua almacenada en el suelo de los meses anteriores producto de las precipitaciones.

**Tabla 1.** Datos promedio de altura, número de motas, ramas reproductivas y abscisiones y la significancia de los factores sistema de siembra, variedad y su interacción. Cosecha 2004-2005, Valle medio del Sinú.

Factor	Altura	No. Ramas	No. Motas	No. Abscisiones	Retención (%)
Labranza (L)	*	n.s	n.s	n.s	n.s
Convencional	99.1 b**	11.4	10.4	13.7	47.4
Siembra Directa	108.4 a	11.7	11.7	13.7	44.5
Variedad (V)	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
Delta Opal	101.3	11.9	11.3	13.9	46.3
NuOpal	104.4	11.5	11.7	13.4	47.8
Roundup Ready	105.2	11.3	10.1	13.8	43.8
LxV	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
C.V. (%)	6	5.8	13.3	8.9	10.3
Media	103.6	11.6	11.0	13.7	46.0

\*, Significancia al nivel del 5% de probabilidad, n.s representan diferencias no significativas.

\*\* , Resultados con la misma letra no son diferentes de acuerdo con Tukey

C.V. Coeficiente de variación

La altura de las plantas no fue afectada por la variedad, debido a que los tres genotipos tienen el mismo origen genético. De otro lado, las variables de respuestas número de ramas, motas y sitios con aborto de frutos no fueron afectadas por los factores analizados ni su interacción.

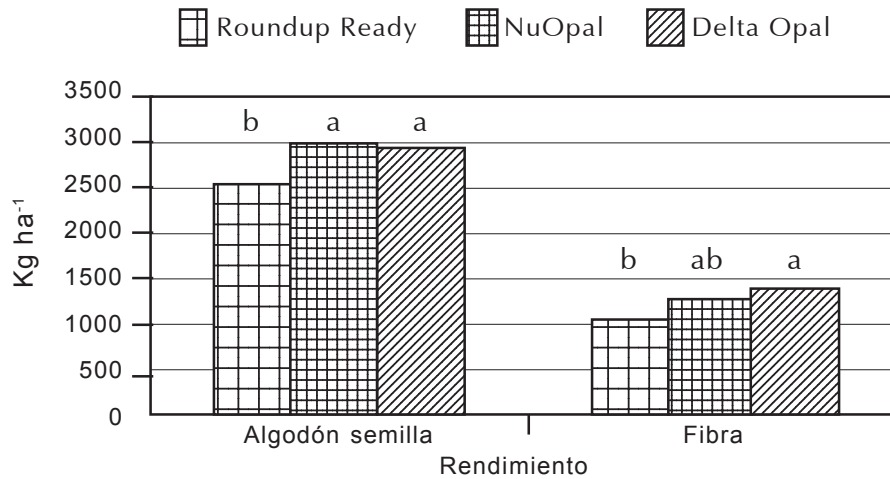
La retención de estructuras reproductivas al momento de la cosecha no fue afectada por el sistema de labranza, variedad ni su interacción (Tabla 1). En promedio el porcentaje de retención de estructuras en la planta fue del 46%. La etapa crítica en la retención de las estructuras es a partir de los 60 días después de la emergencia (DDE) o sea cuando se inicia llenado de las cápsulas, ya para esta época las condiciones de suelo son muy iguales como para causar diferencias entre los sistemas de labranza o variedades.

Se observaron diferencias en los rendimientos de algodón semilla y fibra por efecto de la variedad (Figura 1). Los rendimientos de

algodón semilla y fibra de las variedades de algodón Delta Opal (2903.7 y 1325 kg ha<sup>-1</sup>) y NuOpal (2945.3 kg ha<sup>-1</sup> y 1257.7 kg ha<sup>-1</sup>) fueron en este ensayo superiores a los presentados por la variedad RR (2544.3 kg ha<sup>-1</sup> y 1014.5 kg ha<sup>-1</sup>). En lo referente a rendimiento algodón semilla las variedades Delta Opal y NuOpal superan en 359.4 Kg ha<sup>-1</sup> y 401.0 Kg ha<sup>-1</sup> respectivamente a la RR y en 310.5 Kg ha<sup>-1</sup> y 239.2 Kg ha<sup>-1</sup> en rendimientos de algodón fibra. Estos resultados son muy parecidos a los reportados por Cornerhouse (1999), que sostiene que los cultivos transgénicos que se siembran hoy en día no han aumentado significativamente las cosechas y que en algunos casos; su rendimiento es menor que el de las variedades convencionales del mismo cultivo. Las practicas de labranzas utilizadas no influyeron sobre los rendimientos de algodón semilla y fibra tal como lo reporta Martínez (2004), quien evaluó diferentes sistemas de labranza en el Valle del Sinú.

Esta diferencia del rendimiento, se debe posiblemente por un lado al efecto que produce el gen incorporado en las plantas transgénicas sobre la fisiología de la planta. Joensen y Mae-wan (2004) reporta que la

solla RR presenta un 10% menos de rendimiento que las variedades convencionales, debido a un menor desarrollo de raíces, menor formación de nódulos y más baja fijación de nitrógeno.

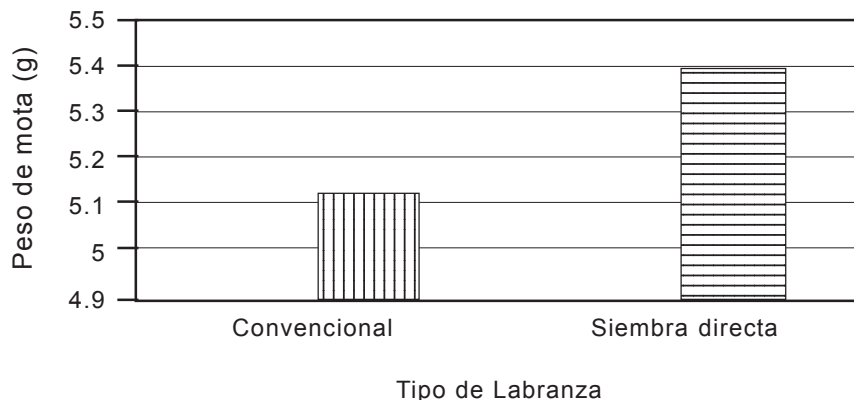


**Figura 1.** Efecto del genotipo sobre el rendimiento de algodón semilla y algodón fibra. Valle del Sinú, Temporada algodonera 2004 - 2005.

Los resultados obtenidos en el estudio concuerdan con los reportados por Rankin (1998) donde las variedades convencionales registraron mejor comportamiento en rendimientos que las variedades RR. Igualmente en pruebas de campo a gran escala con cultivos RR, realizadas en Puerto Rico en 1992, los científicos de Monsanto registraron rendimientos significativamente menores, que promediaron disminución hasta 11.5% menos en tres de las siete pruebas realizadas. En 1997, muchos de los primeros productores que sembraron el algodón RR en el delta del Mississippi estadounidense, se quejaron de su bajo rendimiento y mala calidad, observando que las cápsulas se desprendían prematuramente y eran deformes. Iguales resultados fueron

reportados por Altieri (1999), quien reporta que el algodón tolerante al glifosato no mostró aumento significativo del rendimiento en ninguna región donde fue evaluado. Esto fue confirmado en otro estudio que examinaba más de 8000 pruebas de campo, donde se encontró que las semillas de solla RR producían menos soja que variedades similares producidas convencionalmente.

La siembra directa favoreció las condiciones para los mayores pesos de motas, con un incremento de 0.7 g con respecto a la labranza convencional. Esto se debe posiblemente, a las mejores condiciones de suelo que permitió una mayor disponible de agua durante todo el ciclo del cultivo (Figura 2).



**Figura 2.** Efecto de los sistemas labranzas sobre el peso de la mota de algodón. Valle del Sinú, Temporada algodонера 2004 - 2005.

Con el fin de conocer el comportamiento económico de las distintas alternativas de manejo del cultivo que incluyen sistemas de siembra directa y convencional y las diferentes variedades de algodón (RR, Bt y Opal), se hizo un análisis económico utilizando la técnica del presupuesto parcial y el análisis marginal. Con esta información

se evalúan las ventajas económicas de los tratamientos desde el punto de vista del Beneficio Neto y Tasa de Retorno Marginal. La información sobre las alternativas tecnológicas que combinan sistemas de labranza con variedades se presenta en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Análisis económico de alternativas tecnológicas de manejo del algodnero 2005

Tratamientos	Costos variables	Ingreso neto
Siembra directa + RR	1100.10	3150.31
Siembra directa + Bt	1324.40	3604.14
Siembra directa + Opal	1142.60	3931.33
Convencional + RR	1240.10	2396.67
Convencional + Bt	1437.40	2764.50
Convencional + Opal	1255.60	2671.95

Fuente: Cálculos Antonio Martínez Reina con base en Trabajo de Campo, 2005

La técnica del presupuesto parcial recomienda ordenar los tratamientos con relación al costo variable, en este caso el valor de la tecnología (valor de la semilla + valor de la prima), uso de herbicidas y costo de las aplicaciones de herbicidas e

insecticidas por ha cultivada de algodón transgénico y no transgénico. Igualmente se calcula el ingreso neto, es decir, el ingreso bruto menos los costos variables. Aquellos tratamientos que registren un aumento en el costo variable y una disminución en el

ingreso neto con relación al costo se definen como tratamientos dominados y son excluidos de la recomendación; por tanto, en la tabla sólo se presentan los tratamientos no dominados.

La información presentada indica que todos los tratamientos tienen ingreso neto positivo, lo que significa que los ingresos son superiores a los costos. En estas circunstancias todos serían objeto de recomendación.

Sin embargo, al aplicar el análisis marginal se encuentra que los tratamientos: siembra directa con material Bt, siembra convencional con material RR, convencional con material Bt y convencional Opal resultaron dominados por presentar ingresos netos más bajos y costos variables más altos.

Por su parte los tratamientos recomendables económicamente son Siembra directa con material RR y Siembra directa con la variedad Delta Opal convencional los cuales presentan ventajas económicas con relación a los demás. El mejor tratamiento desde el punto de vista de la Tasa de Retorno Marginal fue siembra directa con la variedad Delta Opal convencional con una Tasa de Retorno Marginal de 18.37% lo que significa que por cada peso invertido se generan 18.37 centavos adicionales. El análisis muestra que todos los tratamientos son susceptibles de recomendar pero éste último es el que presenta mejores ventajas económicas. Lo que está mostrando el análisis es que la utilización de siembra directa trae beneficios económicos por encima de los otros métodos de labranza (Tabla 3).

**Tabla 3.** Análisis marginal para tratamientos no dominados 2005

Tratamientos	Costo Variable (CV)	Ingreso Neto (IN)	Incremento IN	Incremento CV	Tasa Retorno Marginal
Siembra directa RR	1110100	3150310			
Siembra directa Delta Opal	1142600	3931325	781015	42500	18,37

Fuente: Cálculos Antonio Martínez con base en trabajo de campo, 2005

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La siembra directa favoreció el crecimiento de la planta de algodón y peso de la mota, debido posiblemente a las mejores condiciones de suelo y mayor retención de agua disponible durante todo el ciclo del cultivo.
- El porcentaje de retención de estructuras reproductivas en la planta no fue afectado por sistema de labranza ni por el uso de variedades transgénicas.
- La variedad transgénica Roundup Ready presenta menores rendimientos de algodón semilla que las variedades de algodón Delta Opal y NuOpal; los rendimientos de la variedad RR fueron 12.8% menores que las otras variedades.
- La mejor opción para el agricultor desde el punto de vista económico es la siembra directa con la variedad Delta Opal en el sistema de siembra convencional con una Tasa de Retorno Marginal de 18.37%.
- El uso de variedades transgénicas es positivo en todos los casos, pero la tasa de retorno marginal disminuye debido al

costo de la tecnología como es el caso de la variedad NuOpal y por menores niveles de producción en la variedad Roundup Ready.

- El mejor sistema de labranza para los algodones del tipo RR es la siembra directa, sin preparación de suelo.

## AGRADECIMIENTOS A

La Corporación Colombiana de Investigaciones Agropecuaria CORPOICA-Turipaná y al Plan Nacional de Algodón Convenio Corpoica-Fondo de Fomento Algodonero.

## BIBLIOGRAFIA

Altieri, M. 1999. Diez razones por las cuales los OGM no solucionaran nada. [http://www.eco-sitio.com.ar/diez\\_razones.htm](http://www.eco-sitio.com.ar/diez_razones.htm). [Accedido 8 - 1 - 2005].

Cornerhouse. 1999. Biodiversidad sustento y culturas. Falsas promesas de la industria biotecnológica. <http://www.grain.org/biodiversidad/?id=71> [Accedido 27-5-2005]

CORPOICA. 2004. Costos de producción cosecha de algodón 2003 –2004. Documento en edición.

García, D. 2004. Biotecnología a raudales, el poder de los transgénicos. <http://www.cazurrabit.com/comun/sumario/> [Accedido 1-08-2004]

Joensen, y Mae-wan, 2004. La paradoja de los transgénicos en Argentina. <http://www.pampagringa.com.ar/agropecuaria/soja/soja-trans.htm> [Accedido 2-23-2005]

Martínez, 2004. Efecto de tres sistemas de labranza sobre algunas propiedades físicas en un endoaquet, el desarrollo de las raíces y rendimientos de maíz y algodón en le valle del Sinú. Tesis M.Sc. Universidad Nacional de Colombia. Palmira.

Rankin, M. 1998.Crops and Soils Agent - Fond du Lac County. University of Wisconsin – Extension. <http://www.uwex.edu/ces/crops/RRsoybn.htm>. [Accedido 12-26-2204]

# CARACTERIZACION DEL ACEITE ESENCIAL EN LA CORTEZA DEL LIMON SWINGLEA (*Swinglea glutinosa*) POR CG/EM

## CHARACTERIZATION OF ESSENTIAL OIL OF SWINGLEA LEMON (*Swinglea glutinosa*) PEEL FOR GC-ME

Carlos Díaz<sup>1</sup>, Guillermo Arrázola<sup>2</sup>, Fabián Ortega<sup>3</sup>, Jair Gaviria<sup>1</sup>

### RESUMEN

Para la extracción y análisis del aceite esencial de la corteza del limón *Swinglea glutinosa* se escogieron frutos con un índice de madurez comprendido entre 3.73 y 8.83. Para la obtención del extracto fue necesario raspar la cáscara, solubilizarla en una solución de etanol al 5% e hidrodestilar por 2 horas, obteniéndose rendimientos de extracción entre 0.20 y 0.39%. Los constituyentes volátiles se analizaron mediante Cromatografía de Gases acoplada a Espectrometría de Masas (CG-EM). Se identificaron 14 componentes dentro de los cuales se destacaron por su abundancia  $\beta$ -Cubebeno (26.48-28.74%),  $\beta$ -Pino (24.19–28.83%), Elixeno (10.13–11.03%),  $\beta$ -Cariofileno (6.30-9.55%),  $\beta$ -Felandreno (5.99-7.86%),  $\alpha$ -Pino (4.44-6.67%), D-Limoneno (4.45-5.38%) y Anozol (1.45-4.38%). La identificación de los constituyentes se efectuó mediante la comparación de los espectros de masa obtenidos con los de una base de datos controlada por computador (NIST 98 versión 2.0) y algunos compuestos mediante la comparación de los tiempos de retención con muestras puras en las mismas condiciones experimentales.

**Palabras claves:** Cromatografía de gases, espectrometría de masas, hidrodestilación, limoneno.

### ABSTRACT

For the extraction and analysis of the essential oil of the peel of *Swinglea glutinosa* lemon fruits were chosen with a maturity index between 3.73 and 8.83. The peel was processed, mixed with ethanol solution (5%) and hydro-distilled for 2 hours; yields between 0.20 and 0.39% were obtained. The volatile constituents were analyzed by means of Gas Chromatography and Mass Spectrometry (GC-MS). 14 components were identified among them  $\beta$ -Cubebene (26.48-28.74%),  $\beta$ -Pinene (24.19-28.83%), Elixene (10.13-11.03%),  $\beta$ -Caryophyllene (6.30-9.55%),  $\beta$ -Phellandrene (5.99-7.86%),  $\alpha$ -Pinene (4.44-6.67%), D-Limonene (4.45-5.38%) and Anozol (1.45-4.38%) were abundant. The identification of some of the constituents was done by mass spectra comparison with those of the database (NIST 98 version 2.0) and others by matching the retention times with pure samples under the same experimental conditions.

**Keywords:** gas chromatography, mass spectrometry, hydrodistillation, limonene.

---

<sup>1</sup>Ingeniero de Alimentos.

<sup>2</sup>Ingeniero de Alimentos. Ph.D. Universidad de Córdoba. Montería Colombia.  
Email: garrazola@sinu.unicordoba.edu.co

<sup>3</sup>Ingeniero de Alimentos. Departamento de Ingeniería de Alimentos. Universidad de Córdoba

## INTRODUCCION

En las distintas zonas agroclimáticas de Colombia crece gran variedad de especies herbáceas y arbustivas, de las cuales se pueden extraer diversas sustancias, tales como taninos, saponina y aceites esenciales. En nuestro país los estudios realizados sobre estos recursos, sus principios activos, posibilidades de industrialización, usos potenciales y mercadeo de los mismos se encuentra en fase exploratoria comparados con otros países, lo cual ha impedido explotar en forma industrial muchas especies propias de nuestra gran biodiversidad (Velásquez y Zuluaga, 1997).

En Colombia se reportan aproximadamente 50000 especies de flora, ésto representa una gran oportunidad para nuestro país en el mercado de los productos forestales no maderables como: aceites esenciales y oleorresinas, gomas y resinas, colorantes, pigmentos y tintas naturales, hierbas y especias, plantas medicinales y fitofarmacéuticos; no obstante, existen muchas especies que no son aprovechadas industrialmente, dentro de éstas se encuentra el árbol del limón Swinglea, el cual se adapta a las condiciones agroecológicas del departamento de Córdoba. Este árbol se usa en nuestra región como ornamental, para cerca viva y como filtro de olores en lagunas de oxidación (Pérez, 1956); recientemente de la corteza de ésta especie se han aislado alcaloides (acridonas) con actividad antimalárica (Weniger, 2001), lo mismo que alcaloides, triterpenos y acetatos del extracto de la fruta, aplicando técnicas de análisis instrumental tales como espectroscopia y resonancia magnética nuclear (Dreyer, 1970).

La mayoría de los aceites esenciales cítricos han sido estudiados (naranja, pomelo, limón, mandarina, etc.) y se ha determinado su composición química lo cual ha permitido establecer usos y valor comercial de los mismos; los aceites cítricos constituyen el

sector más grande de la producción mundial de aceites esenciales. La alta concentración de compuestos como citronelal, linalol y citral hacen que estos aceites sean muy atractivos para la industria del aroma y sabor (Blanco *et al.*, 1995). El limón Swinglea dentro de su clasificación taxonómica es un cítrico, sin embargo, es limitada la información que se ha publicado acerca del mismo tales como aspectos agronómicos, composición química, usos industriales, etc. A diferencia de Colombia, en otros países la industria de los aceites esenciales está muy desarrollada y encuentra gran aplicación en la medicina, la industria cosmética, de alimentos y de variados productos obtenidos mediante la industria química. Sin embargo, nuestro país a pesar de su potencial en biodiversidad es un gran importador de este tipo de productos (Velásquez y Zuluaga, 1997). Este trabajo de investigación tuvo como objetivo extraer y determinar la composición del aceite esencial de la corteza del limón Swinglea por cromatografía de gases / espectrometría de masas (CG-EM), lo cual permitirá posteriormente a través de estudios complementarios establecer la calidad, el valor comercial y los posibles usos industriales del mismo.

## MATERIALES Y METODOS

### Determinación de los constituyentes volátiles de la cáscara

Para la determinación de los componentes volátiles del aceite esencial de la cáscara del limón Swinglea se clasificó el fruto según el índice de madurez. Las muestras fueron recolectadas de árboles de cercas vivas de la Universidad de Córdoba sede Berástegui y de la empresa Diagonal, situadas en el Km 16 vía Ciénaga de Oro. Para la clasificación del fruto de acuerdo al estado de madurez se tomaron cincuenta (50) muestras al azar en distintos árboles y se agruparon en tres estados subjetivamente de manera *a priori* de acuerdo al desarrollo de sus características

como color, tamaño, textura, codificándolos en tres estados de madurez (E1, E2 y E3). A cada muestra se le evaluaron los siguientes parámetros por triplicado: sólidos solubles totales, pH, acidez total, color de la corteza, altura y diámetro del fruto, peso del fruto. Los patrones puros y los reactivos para cromatografía fueron marca Sigma® y los solventes utilizados de marca Carlos Erba®.

Para la extracción del aceite esencial se seleccionaron separadamente frutos en los estados de madurez E1, E2 y E3, una vez descortezados se pesaron 200 g de la corteza obtenida y se mezcló con un solvente en agua destilada, relación corteza / solución: 1/8 (P/V) (Correa *et al.* 1992); para la selección del solvente se hicieron pruebas con diferentes compuestos (hexano, éter de petróleo y etanol) observando el comportamiento de la sustancia glutinosa en cuanto a su solubilidad. Una vez seleccionado el solvente se hicieron ensayos variando la concentración del mismo (2, 5, 10 y 20%) para determinar su influencia en el rendimiento de extracción; la mezcla obtenida se sometió a hidrodestilación por 2 horas a presión atmosférica. El destilado obtenido se decantó por 1 hora y posteriormente se separó el aceite esencial para centrifugarlo por 5 minutos a 2000 r.p.m. Finalmente las muestras se sometieron a congelación (-20°C) para eliminar la humedad restante y se conservaron bajo estas mismas condiciones hasta la realización de los análisis cromatográficos. La experimentación anterior fue adaptada del trabajo de Blanco *et al.* (2004). Los análisis cromatográficos se realizaron por triplicado para cada estado de madurez y las muestras

de aceite se diluyeron en diclorometano (100 mg de aceite por cada ml de solvente).

### Condiciones cromatográficas

Las muestras previamente acondicionadas fueron inyectadas a un cromatógrafo de gases (Agilent Technologies 6890N), acoplado a un espectrómetro de masas (Agilent 5973 Network) con las siguientes condiciones de trabajo: Columna (HP-5, longitud 30 m, diámetro 0.25 mm, espesor de la fase estacionaria 0.25 mm, gas portador Helio, velocidad lineal de 30 cm<sup>-1</sup>, inyección de split 50:1), programación de temperatura del horno de la columna 3 min a 50°C, 50-250°C a 30°C min<sup>-1</sup>, 250-320°C a 25°C min<sup>-1</sup>, temperatura del inyector de 200°C, temperatura interfase del detector de 260°C.

La identificación de los componentes se efectuó mediante la comparación de los espectros de masa obtenidos con los de la base de datos NIST 98 Mass Spectral Library, (versión 2.0), y algunos compuestos mediante la comparación de los tiempos de retención con los de muestras puras, en las mismas condiciones experimentales. El análisis de resultados se evaluó con un análisis de varianza y prueba de comparación de medias con el software estadístico STATGRAPHICS PLUS 5.0 con un 95% de confiabilidad.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Constituyentes volátiles de la corteza

Los frutos escogidos mostraron un índice de madurez promedio comprendido entre 3.73 y 8.83, (Tabla 1).

**Tabla 1.** Clasificación del fruto de acuerdo al estado de madurez.

Propiedades	Estado de madurez 1	Estado de madurez 2	Estado de madurez 3
% Acido cítrico (p/v)	3.98 (±0.427)	3.36 (±0.806)	2.79 (±0.821)
°Brix corregidos	14.56 (±1.295)	18.11 (±4.928)	21.69 (±5.165)
Indice de madurez	3.73 (±0.75)	6.02 (±3.60)	8.83 (±4.01)

En el análisis de varianza se encontraron diferencias significativas ( $Pr < 0.05$ ) entre los tres estados de madurez elegidos.

Para obtener los extractos de la corteza no fue posible emplear el método de expresión en frío directamente, dicho comportamiento se explica debido a que el Limón Swinglea posee una sustancia glutinosa (pegante) en la pulpa y en la corteza que impide la separación del aceite contenido en las glándulas del flavedo del fruto. Tampoco fue posible extraer el aceite esencial destilando la corteza en una solución acuosa. Finalmente se obtuvo resultados satisfactorios solubilizando las muestras de corteza en una solución de alcohol etílico al 5% y posteriormente empleando el método de arrastre con vapor (hidrodestilación). Es

importante anotar que la sustancia glutinosa de la corteza del limón swinglea es insoluble en otros solventes como hexano y éter de petróleo y que además para soluciones alcohólicas con concentraciones por encima y por debajo del 5%, los rendimientos de extracción son bajos. Este comportamiento se puede atribuir a que con concentraciones de alcohol por debajo del 5%, no se logra solubilizar totalmente la sustancia glutinosa que impide la separación del aceite esencial. De otro lado, cuando la concentración es superior al 5% los rendimientos bajan debido a que el aceite esencial se solubiliza en el etanol en exceso.

La tabla 2 muestra el rendimiento de extracción del aceite esencial del fruto medido con respecto al peso de la corteza.

**Tabla 2.** Rendimientos de extracción del aceite esencial de la corteza.

	Estado de madurez 1	Estado de madurez 2	Estado de madurez 3
Muestras (n):	3	3	3
Promedio % (p/p):	0.20 ± 0.03	0.26 ± 0.01	0.39 ± 0.03

Se observa que el mayor rendimiento de extracción se obtiene para frutas en estado 3, lo cual demuestra que el estado de madurez tiene una marcada influencia sobre los rendimientos de extracción. El anova mostró la existencia de diferencias significativas ( $Pr < 0.05$ ) en el rendimiento de extracción de aceite esencial entre los tres estados de madurez de los frutos estudiados. Los rendimientos de extracción obtenidos para el caso del limón Swinglea son mayores a los reportados por Blanco *et al.* (1995), quienes extrajeron el aceite esencial de la corteza del limón (*Citrus volkameriana*) por arrastre con vapor y obtuvieron un rendimiento promedio de 0.19% (% P/P). Autores como Sawanura *et al.* (2004) y Stashenko *et al.* (1996) muestran resultados en la extracción de aceites como limoneno con 94%,  $\alpha$ -pineno 54%, mirceno con un

1.2%, todos excepto el limoneno son mucho menores al obtenido en el limón Swinglea.

El resultado de los análisis cromatográficos realizados al aceite esencial extraído de la corteza del Limón Swinglea se muestran en la tabla 3. Se observa un comportamiento similar en la composición de volátiles de los aceites extraídos de la corteza de los estados de madurez E1, E2 y E3, respectivamente. Estos resultados muestran la presencia de ocho componentes ( $\beta$ -Cubebeno,  $\beta$ -Pineno, Elixeno, Anozol,  $\beta$ -Cariofileno,  $\beta$ -Felandreno, D-Limoneno y  $\alpha$ -Pineno) en todas las muestras analizadas, los cuales debido a su abundancia se pueden considerar como mayoritarios, destacándose el  $\beta$ -Cubebeno (26.48–28.74%), el  $\beta$ -Pineno (24.19–28.83%) y el Elixeno (10.13–11.03%). El anova realizado para cada uno de estos compuestos

en el cual se evalúa la composición química del aceite esencial en función del estado de madurez del fruto permite afirmar que ésta variable no afecta significativamente ( $Pr > 0.05$ ) la composición en volátiles del

aceite esencial. Los mismos compuestos encontrados presentan características iguales para los diferentes estados de maduración, como por ejemplo, tiempo de retención.

**Tabla 3.** Composición del aceite esencial de la corteza en estados E1, E2 y E3

Identificación	Tiempo retención (minutos)	Abundancia	Abundancia	Abundancia	
		(% p/p)	(% p/p)	(% p/p)	
		E1	E2	E3	
1	$\beta$ -Cubebeno	8,940	28.741	26.485	28.838
2	$\beta$ -Pinoeno	6.050	24.195	25.891	27.753
3	Elixeno	9.168	11.039	10.591	10.137
4	Anozol	9.320	7.385	4.076	4.389
5	$\beta$ -Cariofileno	8,670	6.307	9.553	6.937
6	$\beta$ -Felandreno	6.009	5.993	6.862	7.865
7	D-Limoneno	6.430	4.452	4.772	5.389
8	$\alpha$ -Pinoeno	5.660	4.441	5.704	6.673
9	$\tau$ -Selineno	9.019	1.404	1.407	-
10	$\alpha$ -Cariofileno	8,826	1.280	1.510	-
11	$\gamma$ -Terpineno	6.636	1.160	0.951	1.271
12	$\delta$ -Elemeno	8,232	0.914	0.694	-
13	Cyclogeraniolano	4,661	0.661	-	-
14	$\alpha$ -Cadinol	9.635	0.513	-	-
15	Elixeno	9.168	10.553	-	-
16	Hexadecano 1,1 bis(dodecyloxi)	4.623	0.825	0.825	-

Los resultados permiten afirmar que la composición del aceite esencial de la corteza del limón Swinglea difiere significativamente con respecto a la mayoría de cítricos hasta el momento estudiados y explotados comercialmente, ya que en estos usualmente el componente mayoritario suele ser el D-Limoneno. Esta afirmación se puede corroborar por varios autores que han estudiado otras variedades de frutas cítricas, como Braddock (1999) quien afirma que el mayor constituyente del aceite de la cáscara de los cítricos comestibles es el D-Limoneno. Otra investigación que constata la afirmación hecha por el anterior autor fue hecha por Lota *et al.* (2002), quienes estudiaron la

composición del aceite esencial de la corteza de 19 variedades de limón por el método de expresión en frío y posterior análisis por CG-EM, identificando 51 componentes en todos los aceites esenciales analizados, y donde el Limoneno presentó la mayor abundancia (38.1–95.8%), seguido por el  $\beta$ -Pinoeno (0.1–15.8%),  $\gamma$ -Terpineno (trazas–18%), linalol (0.1–25.1%) y acetato de linalilo (trazas–31.2%).

Para el caso del limón Swinglea el D-limoneno se encuentra presente en baja proporción (4.45–5.39%) con respecto a otras especies y variedades de cítricos (Stashenko, 1996); sin embargo, éste muestra una

presencia significativa de otros componentes como el  $\beta$ -Pinenos (24.2–28.84%) y el  $\beta$ -Cubebeno (26.48–28.74%). Este comportamiento puede tener explicación en el hecho de que de una especie a otra se pueden presentar diferencias significativas en la composición de volátiles por factores genéticos y ambientales.

Uno de los aspectos relevantes en la composición del aceite esencial de la cáscara del limón Swinglea es la proporción en la que se identificó el  $\beta$ -Pinenos (24.20–28.84%) y el  $\beta$ -Cubebeno (26.48–28.74%). Ninguno de los autores citados anteriormente reportan el  $\beta$ -Pinenos con abundancias por encima del 16%. En efecto, Blanco *et al.* (1995), reportan porcentajes de  $\beta$ -Pinenos que varían entre 0.29 y 1.05% para limón, mandarina y naranja. El  $\beta$ -Cubebeno ha sido reportado para algunas variedades de cítricos, pero en muy baja proporción. Minh *et al.* (2002), identificó el  $\beta$ -Cubebeno en una proporción de 0.1%, en el aceite esencial de la corteza de *Citrus shaerocarpa* (una de las frutas cítricas más populares en el Japón), por el método de expresión en frío y análisis CG-EM. Caccioni (1998), identificó el  $\beta$ -Cubebeno por CG-EM en el aceite esencial extraído por arrastre con vapor de la corteza de *Citrus aurantium* (0.05%), 0.06% en *Citrus sinensis x Poncirus trifoliata* (Carrizo citrange) y 0.3% en *Citrus sinensis x Poncirus trifoliata* (citrango Troyer). Otro aspecto importante es la presencia de compuestos como Elixeno,  $\beta$ -Cariofileno,  $\beta$ -Felandreno,  $\alpha$ -Pinenos y Anozol en proporciones que varían entre 4 y 11%, normalmente éstos compuestos se encuentran en baja proporción en la mayoría de los cítricos de interés comercial. Minh *et al.* (2002), reportan el  $\beta$ -Cariofileno (0.2%) y  $\alpha$ -Pinenos (0.7%); Lota *et al.* (2002), reportan el  $\beta$ -Felandreno (0.1–4.2%) y el  $\alpha$ -Pinenos (0.1–2.3%); Caccioni *et al.* (1998), identificaron el  $\beta$ -Felandreno (0.03–0.52%),  $\alpha$ -Pinenos (0.4–2.27%),  $\beta$ -Cariofileno (0.01–1.6%) en diferentes cítricos procedentes de Italia

(naranjas, mandarinas, limones y algunos híbridos). No se encontraron reportes de Elixeno y Anozol en cítricos.

## CONCLUSIONES

- En los rendimientos en extracción del aceite esencial de la corteza se obtienen resultados satisfactorios cuando el etanol una concentración del 5% donde el estado de madurez influye significativamente. El método en frío no es aplicable para este caso.
- Los componentes mayoritarios del aceite esencial de la corteza en los estados de madurez E1 y E2 son en su orden  $\beta$ -Cubebeno,  $\beta$ -Pinenos y Elixeno, en el estado E3 el  $\beta$ -Pinenos,  $\beta$ -Cubebeno y Elixeno.
- La composición química del aceite esencial de corteza muestra la ausencia de compuestos oxigenados (aldehídos, cetonas, ésteres y alcoholes) como neral, citral, geraniol, linalol y citronelal, lo cual hace que el aroma no sea el característico de los cítricos.
- El limón Swinglea posee un alto potencial para la extracción de compuestos utilizados en la industria alimentaria, tales como:  $\beta$ -Pinenos,  $\beta$ -Cubebeno,  $\beta$ -Cariofileno.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a la Universidad de Córdoba, en especial al personal del laboratorio de análisis de alimentos y al CEINA; al personal del laboratorio de análisis instrumental de la Universidad Nacional con sede en Medellín, y a todas las personas que hicieron posible la realización de este proyecto de investigación.

## BIBLIOGRAFIA

- Blanco, C.; Grane, N. y Nieto, M. 1995. Comparative study of Colombian citrus oils by high-resolution gas chromatography and gas chromatography-mass spectrometry. *Journal of Chromatography* 697:501–513.
- Braddock, R. 1999. *Handbook of Citrus. Products and Processing Technology*. Editorial Wiley, New York, p.247-256.
- Caccioni M. 1998. Relationship between volatile components of citrus fruit essential oils and antimicrobial action on *Penicillium digitatum* and *Penicillium italicum*. *International Journal of Food Microbiology* 43:73–79
- Correa, G.; Gómez, M. y Rojo, A. 1999. Desarrollo experimental de una unidad piloto para la extracción de aceite esencial de manzanilla. Tesis Ingeniero Químico, Universidad Pontificia Bolivariana (Medellín), 149 p.
- Dreyer, D. 1970. Extractives of *Swinglea glutinosa* (bl.) Merr. *Tetrahedron Journal* 26 (24):5745-5751.
- Lota, M.; Serra R.; Tomi, F. y Casanova, J. 2002. Variability of peel and leaf essential oils from *Citrus reticulata* Blanco. *Journal Biochemical Systematic and Ecology Chemical* 28:61–78
- Minh, T.; Li, P. y Tao, N. 2002. Characteristic odor components of *Citrus Shaerocarpa* Tanaka (Kabosu) cold-pressed peel oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50:2908–2913.
- Pérez, E. 1956. *Plantas útiles de Colombia*. Camacho Roldan Ltda, Bogota, 590p.
- Stashenko, E.; Martínez, R.; Pinzón, H. y Ramírez. J. 1996. *Journal of Chromatography A*, 752:217-222
- Sawanura, M.; Son, U.; Choi H.; Kim, M.; Phi, N.; Fears, M. y Kumagai, C. 2004. Compositional changes in commercial lemon essential oil for aromatherapy. *International Journal of Aromatherapy*, 14:346-368
- Velasquez, E. y Zuluaga, O. 1997. Diseño de un proceso industrial para la obtención de aceites esenciales de dos especies nativas colombianas bajo la filosofía de cero emisiones. Tesis Ingeniero Industrial, Universidad EAFIT, Medellín, 178p
- Weniger, M. 2001. Bioactive Acridone Alkaloids from *Swinglea glutinosa*. *Journal of Natural Products* 64:1221–1223

# TRANSMISION DE PRECIOS ENTRE MERCADOS REGIONALES GANADEROS DE COLOMBIA

## PRICE TRANSMITION AMONG COLOMBIAN CATTLE REGIONAL MARKETS

Omar Enrique Castillo<sup>1</sup>, Luis Ambrosio Flórez<sup>2</sup>

### RESUMEN

Para evaluar la eficiencia de los mercados agrarios regionales se analizó el mecanismo de transmisión de precios entre los mismos, utilizando modelos econométricos de series temporales no estacionarias, tales como los modelos de cointegración y los modelos de corrección del error. Se aportó evidencia empírica sobre la permanencia de relaciones de equilibrio a largo plazo entre los precios de mercados separados geográficamente y se probaron hipótesis relativas a la estructura de esas relaciones. Para medir la magnitud de la transmisión a corto plazo se utilizó el análisis de impulso - respuesta generalizada. Como caso de estudio, se analizó el mecanismo de transmisión de precios del ganado cebado entre mercados regionales de Colombia. Se concluye que los mercados analizados son eficientes, si bien, la integración es mayor entre los mercados de origen y destino que entre los mercados de origen entre sí y que entre los mercados de destino entre sí.

**Palabras claves:** integración espacial de mercados, eficiencia, raíces unitarias, cointegración, impulso respuestas generalizadas.

### ABSTRACT

To evaluate the efficiency of the regional agricultural markets, the mechanism of price transmission among them was analysed using econometric models of non stationary temporal series, such as models of co-integration and models of correction of error. To measure the magnitude of the short-term transmission, the analysis of generalized impulse-response was used. As a case of study, the mechanism of price transmission of fattened cattle among regional Colombian markets was analysed. Empirical evidence of the permanency to relations of long-term equilibrium among the market prices geographically separated and hypothesis test related to the structure of those relations is provided. The data showed that the analysed markets are efficient; though, the integration is greater among the markets of origin and destination than among origin markets themselves.

**Key words:** spatial integration of markets, efficiency, unit roots, co-integration, generalized impulse-response.

---

<sup>1</sup>Economista, Ph.D, Profesor Asociado, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Córdoba, Carrera 6 No. 76-103, Email: ocastillo@sinu.unicordoba.edu.co

<sup>2</sup>Ingeniero Agrónomo, Profesor Titular, Universidad Politécnica de Madrid. Departamento de Economía y Ciencias Sociales Agrarias. Avenida Complutense s/n 28040 Madrid. Email: flores@eco.etsia.upm.es

## INTRODUCCION

La producción de ganado de carne en Colombia se concentra en unas cuantas regiones productoras especializadas con amplios excedentes de oferta, y unos grandes centros de consumo, en los que se concentran los excedentes de la demanda. Así, los estudios sobre flujos de ganado cebado en pie para sacrificio (Ulloa y Supelano, 1985; Vargas *et al.*, 1999), señalan que la región Norte, conformada por los departamentos de Antioquia (zona de Urabá), Córdoba, Sucre y la parte sur de Bolívar, y la Oriental, conformada por los departamentos de Arauca, Casanare, Meta y Caquetá producen alrededor del 62% de la producción de ganado para sacrificio. El consumo se concentra en cuatro centros urbanos que absorben el 78% del ganado de carne comercializado. En particular, dos de dichos centros urbanos receptores de ganado cebado, como son Medellín y Bogotá, absorben más de la mitad (52%) del ganado movilizado. Este sistema de mercadeo de ganado en pie ha sido cuestionado por las ineficiencias que genera a nivel de pérdidas físicas y en el encarecimiento por el exceso de intermediación; el mecanismo básico para las transacciones lo constituyen las ferias de ganado, las que permiten la concentración del ganado en pie listo para el mercadeo en los centros de consumo y distribución.

En este artículo se examina si los precios a nivel mayorista para ganado cebado en pie en las dos principales regiones productoras, Montería y Villavicencio, se equiparan a los precios en los dos principales centros de consumo, Medellín y Bogotá, más los costos de la transferencia, es decir, ¿se mantiene a largo plazo la condición de arbitraje espacial?, ¿existe un mercado único de ganado cebado en Colombia?. En el corto plazo, ¿en qué magnitud se transmite un shock de precios entre estos mercados?, ¿En qué sentido va la causalidad de la variación de los precios de los mercados de consumo a los de productores, lo contrario, o hay

interdependencia?. Para Colombia, Rueda (1995) en diversos productos agrícolas; Kamp *et al.* (1996), CCI (2000) en papa, Ramírez *et al.* (2004) en productos ligados al mercado internacional, han examinado la integración espacial de mercados, pero no se ha abordado el tema en mercados ganaderos. Los resultados contribuirían a detectar posibles ineficiencias en la formación de precios a largo plazo entre los mercados y a señalar la dirección, la magnitud y la distribución de los efectos sociales generados por posibles shock de mercados.

## MATERIALES Y METODOS

Se consideraron los precios nominales mensuales correspondientes a los mercados de ganado vacuno macho cebado de primera en Bogotá, PCBO; Medellín, PCME; Montería, PCMO, y Villavicencio, PCV, en Colombia para el periodo 1982-1998. La información proviene de la base de datos del Centro de Estudios Ganaderos y Agrícolas, Cega; está expresada en pesos colombianos  $\text{kg}^{-1}$  de ganado vivo. Para interpretar los resultados de las estimaciones como elasticidades de transmisión de los precios, los datos originales son transformados a logaritmos.

### Modelo de corrección del error (MCE): Transmisión de precios a largo plazo.

Para analizar la transmisión de precios entre  $m$  mercados se considera el vector  $\mathbf{p}_t$  de precios observados simultáneamente en los  $m$  mercados, en un mismo instante de tiempo  $t$ . Se asume que las series de precios componentes de este vector no son estacionarias (sus características dependen de  $t$ ), pero son integradas de orden 1,  $I(1)$ , esto es, las series de las diferencias entre los precios observados en dos instantes consecutivos del tiempo,  $\Delta \mathbf{p}_t = \mathbf{p}_t - \mathbf{p}_{t-1}$ , son estacionarias. Los precios observados en un instante dado  $t$  dependen de los observados en los  $k$  períodos anteriores, de

acuerdo con el modelo de Vector Auto Regresivo (VAR):

$$, \quad (3)$$

donde  $A_i$  son matrices de parámetros (mxm),  $i = 1, \dots, k$ ;  $\mu$  es un vector de constantes;  $\Phi$  es un vector coeficientes asociados a las variables dummy centradas,  $d_t$ , que captan la estacionalidad de los precios agrarios, y  $\epsilon_t$  es un vector (mx1) de perturbaciones aleatorias con distribución normal,  $\epsilon_t \rightarrow N_m(0, \Omega)$ , de media nula y temporalmente incorrelacionadas. Con el fin de examinar la correcta especificación del modelo (1) se requiere contrastar sus supuestos básicos: (i) para verificar que  $p_t$  es  $I(1)$  se utilizan las prueba de raíz unitaria de Ng –Perron (2001), que integra cuatro estadísticos modificados: los dos clásico de Phillip y Perron (1988), el de Bhargava (1986) y el de Elliott *et al.* (1996), (ii) se hará uso de la prueba de Jarque – Bera, en versión multivariada de Doornik y Hansen (1994), para testar la normalidad de los errores, (iii) de los criterios de información de Akaike, Schwartz, y Hannan Quinn, (Lütkepohl, 1993) para la determinación del orden del retardo  $k$  y (iv) del estadístico Portmanteau, en versión multivariada, para verificar la no autocorrelación de los residuos en momentos diferentes del tiempo.

Si el modelo (3) está correctamente especificado, entonces se puede expresar como un Modelo de Corrección del Error (MCE):

$$\Delta p_t = \Gamma_1 \Delta p_{t-1} + \Gamma_2 \Delta p_{t-2} + \dots + \Gamma_{k-1} \Delta p_{t-k+1} + \Pi p_{t-1} + \Phi d_t + \epsilon_t \quad (4)$$

$$\Gamma_i = -(I_m - \sum_{j=i+1}^k A_j) \text{ para } i=1, \dots, k-1; \quad \Pi = -(I_m - \sum_{i=1}^k A_i)$$

El sistema (4) está cointegrado si existen dos matrices  $\alpha$  y  $\beta$  de dimensión (mxr) y de rango completo r (con  $1 \leq r < m$ ), tales que (i)  $\Pi = \alpha\beta^T$  y (ii) las  $rx1$  componentes del vector  $z = \beta^T P_{t-1}$  son estacionarias. El modelo

con la restricción (i) es

$$\Delta p_t = \Gamma_1 \Delta p_{t-1} + \Gamma_2 \Delta p_{t-2} + \dots + \Gamma_{k-1} \Delta p_{t-k+1} + \alpha\beta^T p_{t-1} + \Phi d_t + \epsilon_t, \quad (4a)$$

Y, puesto que las series  $\Delta p_t, \Delta p_{t-1}, \dots, \Delta p_{t-k+1}$  son estacionarias se requiere la condición (ii) de estacionariedad de  $\beta^T P_{t-1}$  para que (4a) sea consistente. Cada una de las (rx1) componentes del vector  $\beta^T P_{t-1}$ , las llamadas relaciones de cointegración, se interpreta como una desviación respecto de la relación de equilibrio a largo plazo entre los precios de los  $m$  mercados, dada por la condición de arbitraje espacial. Esa desviación es aleatoria pero estacionaria, esto es, estable en el tiempo. Los elementos de las  $r$  columnas de  $\alpha$  asociadas a cada una de esas desviaciones se denominan coeficientes de la velocidad del ajuste y representan la proporción de las desviaciones pasadas (errores) que se va corrigiendo en cada periodo. A partir de  $\alpha$  se puede determinar el sentido de causación (en el sentido de Granger) entre las variables.

Para obtener estimaciones sujetas a esa restricción se han propuesto en la literatura dos aproximaciones diferentes, aunque con idénticos resultados: una, (Ahn y Reinsel, 1988; 1990) considera las matrices de parámetros del modelo como de rango reducido, y la otra (Johansen, 1988; 1991) se basa en las correlaciones canónicas. Aquí utilizaremos ésta última por ser la de más amplio uso. Nótese que dado un valor del conjunto de parámetros en  $\alpha$  y  $\beta^T$  existe un número no identificado de otros valores

$\Pi = \alpha\beta^T = \alpha\xi^{-1}(\beta\xi^T)^T$ , para cualquier  $\xi$  de orden  $r \times r$  y rango completo, a cada uno de los cuales corresponde la misma distribución de  $P_t$  de modo que las estimaciones de  $\alpha$  y  $\beta^T$  no son únicas. Sin embargo, en éste trabajo estamos interesados sólo en testar hipótesis sobre las componentes de  $\alpha$  y  $\beta^T$  y la distribución asintótica del estadístico que utilizaremos para estas pruebas tests sí es única.

Johansen (1988) propone dos test de razón de verosimilitudes para detectar el número  $r$  de relaciones de cointegración. Uno es el llamado test de la traza, cuya hipótesis nula ( $H_0$ ) es: a lo sumo existen “ $r$ ” relaciones de cointegración entre las “ $m$ ” variables; la hipótesis alternativa ( $H_1$ ) es: no existe relación de cointegración alguna entre las “ $m$ ” variables. El otro es el llamado test del máximo valor propio, cuya hipótesis nula es: existen “ $r$ ” relaciones de cointegración entre las “ $m$ ” variables; y la alternativa: existen “ $r+1$ ” relaciones de cointegración. Los valores críticos de ambos estadísticos se encuentran en Osterwald – Lenun (1992); tales valores están condicionados a dos factores: i) el número de relaciones de cointegración, y ii) los componentes deterministas incluidos en el modelo. En este trabajo se ha incluido, con base en el análisis de los datos, una tendencia lineal en los datos y un vector de constantes en las relaciones de cointegración.

Una vez fijado  $r$ , las restantes hipótesis consideradas se formulan especificando la hipótesis nula,  $H_0$ , como restricciones lineales sobre los parámetros en  $\alpha$  y  $\beta^T$ , dejando libres todos los restantes parámetros del modelo que no sean de  $\alpha$  ó  $\beta$  (Johansen, 1991; Johansen y Juselius, 1990; 1992;1994).

En particular, en este estudio interesa probar las siguientes hipótesis:

- i) Fragmentación de mercados: Se dice que el mercado  $i$ -ésimo está fragmentado si la variable precio asociada al mismo no figura en ninguna de las relaciones de cointegración. La hipótesis nula consiste en restringir la dimensión de  $\beta^T$  de  $(rxm)$  a  $(rx(m-1))$  eliminando de  $\beta^T$  la columna asociada al mercado  $i$ -ésimo. El estadístico para ésta hipótesis es una  $\chi^2$  ( $r$ ) asintótica.
- ii) Transmisión perfecta de precios: Es la hipótesis de que los cambios en los precios de un mercado se transmiten en su totalidad a los demás mercados, esto es, la hipótesis de que la ecuación (1) se verifica para todo par de mercados  $(i,i')$ , considerando constantes los costos de transferencia entre los mercados del par. Si la hipótesis se acepta y, además, se verifica la condición (2) se dice que los mercados son eficientes y están integrados de forma perfecta, o son un mercado único. Para  $i=1$ , la hipótesis nula consiste en imponer en  $\beta^T$  la restricción de que los coeficientes en cada vector de cointegración son todos nulos, excepto los asociados al par de mercados  $(1,1+j)$ , que son iguales pero de signo contrario, y el término independiente, que es libre y representa los costos de transferencia. Esta hipótesis restringe la dimensión del espacio de parámetros de  $\beta^T$  de  $(rxm)$  a  $\sum_{j=1}^r (m - s_j)$  donde  $s_j$  denota el número de restricciones,  $(m-2)$ , sobre el vector de cointegración  $j$ -ésimo. La distribución asintótica del estadístico para esta hipótesis es una  $\chi^2 \left( \sum_{j=1}^r s_j \right)$
- iii) Existencia de mercados centrales o líderes: Es la hipótesis de que el precio del mercado  $i$ -ésimo (no fragmentado) es débil exógenamente al resto de los mercados. La hipótesis nula, consiste en restringir la dimensión de  $\alpha$  de  $(mxr)$  a  $((m-1)xr)$  eliminando de  $\alpha$  la fila asociada al mercado  $i$ -ésimo. Nótese que de ésta forma se especifica que el precio  $i$ -ésimo no depende de las relaciones de equilibrio que representan los vectores de cointegración asociados a  $\alpha$ . El estadístico para ésta hipótesis es una  $\chi^2$  ( $r$ ) asintótica.
- iv) Transmisión perfecta de precios e interdependencia: Es la hipótesis conjunta de transmisión perfecta y de exogeneidad

débil. La hipótesis nula consiste en la (ii), que restringe la dimensión del espacio de parámetros de  $\beta^T$  de  $(r \times m)$  a  $\sum_{j=1}^r (m - s_j)$  y en restringir la dimensión de  $\alpha$  de  $(m \times r)$  a  $\sum_{j=1}^r (m - w_j)$  donde  $w_j$  denotan el número de restricciones sobre el vector columna de  $\alpha$  asociado al vector de cointegración  $j$ -ésimo. El estadístico se distribuye como una  $\chi^2 \left( \sum_{j=1}^r s_j + \sum_{j=1}^r w_j \right)$  asintótica.

La diferencia entre los modelos de régimen cambiante propuestos en la literatura y los clásicos como el modelo (4) que se utiliza en éste trabajo estriba básicamente en que los primeros admiten que los coeficientes de las matrices  $\Gamma_{k-1}$  cambien de uno a otro régimen. La matriz  $\Pi$ , sin embargo es la misma que la de los modelos clásicos. Sin embargo, la metodología de estimación y contrastación es la misma en ambos tipos de modelos, si bien los modelos de régimen cambiante son más flexibles y resultan más eficientes para la estimación y contrastación de hipótesis que los más clásicos. En éste trabajo nos limitamos a la aproximación más clásica, aunque somos conscientes de que es menos eficiente.

**Análisis de impulso respuesta: Magnitud de la transmisión.**

La respuesta generalizada del vector de precios  $p$  en el instante  $t + n$  a un impulso  $\delta_i$ , ejercido sobre el precio  $i$ -ésimo en el instante  $t$ ,  $\psi_{p,i}^g(n)$ , se define como la diferencia entre la esperanza de  $p$  en  $t + n$  condicionada a  $\varepsilon_{it} = \delta_i$  y la esperanza de  $p$  en  $t$ . Para un impulso equivalente a una desviación típica,  $\delta_i = \sqrt{\sigma_{ii}}$ , se tiene (Pesaran y Shin, 1998):

$$\psi_{p,i}^g(n) = \frac{M_n \Omega e_i}{\sqrt{\sigma_{ii}}}, \quad n = 0, 1, 2, \dots, \quad (5); \text{ donde}$$

$M_n = A_1 M_{n-1} + A_2 M_{n-2} + \dots + A_k M_{n-k}$ ,  $n = 1, 2, \dots$  (6), representa una matriz de parámetros de las medias móvil del MCE (Pesaran y Shin, 1996) y donde

$$A_1 = I_m + \Gamma_1 - \Pi; \quad A_i = \Gamma_i - \Gamma_{i-1} \text{ para } i=2, \dots, k-1; \quad A_k = -\Gamma_{k-1} \quad (7)$$

y  $M_0 = I_m$  y  $M_n = 0$  para  $n < 0$ .  $e_i$  es un vector  $(m \times 1)$  con todos sus elementos nulos excepto el correspondiente a la posición  $i$ -ésima que es igual a uno.

A partir del modelo (4a) con restricciones conjuntas sobre  $\alpha$  y  $\beta$ , y estimando el modelo obtenemos las matrices de parámetros  $A_i$  siguiendo (7), para luego calcular (6) Por sustitución de esas estimaciones en (5) se tiene una estimación de  $\psi_{p,i}^g(n)$

**RESULTADOS Y DISCUSION**

**Contrastación de los supuestos básicos del modelo.**

La aplicación de las pruebas de raíz unitaria de Ng-Perron para las series sin transformación logarítmica indica que las series de precios son (1) al rechazarse la hipótesis nula de no estacionariedad de las primeras diferencias (Tabla 1).

Los criterios de información de Akaike, Schwartz, y Hannan Quinn para la determinación del orden de retardos óptimo determina un VAR de orden dos, VAR (2), que implica un modelo MCE de la forma:

$$\Delta p_t = \mu + \Gamma_1 \Delta p_{t-1} + \alpha (\beta^*)^T p_{t-1}^* + \Phi d_t + \varepsilon_t \quad (8)$$

$$\beta^* = (\beta_0, \beta^T)^T \quad p_{t-1}^* = (p_{t-1}^T, 1)^T$$

El estadístico Portmanteau, en versión multivariada, para este modelo acepta la hipótesis nula de no autocorrelación de los residuos en momentos diferentes del tiempo, y la prueba Jarque – Bera, acepta la hipótesis nula de normalidad para las series a un nivel del 2.5%.

**Tabla 1.** Prueba de Raíz Unitaria Ng-Perron para las primeras diferencias.

Valores y variables estadísticos	Valor crítico Asint. <sup>a</sup> (0.01)	Valor crítico Asint. <sup>a</sup> (0.05)	Valor crítico Asint. <sup>a</sup> (0.10)	Precio nominal Medellín	Precio nominal Bogotá	Precio nominal Montería	Precio nominal Villavicencio
MZ <sub>α</sub>	-13.8	-8.1	-5.7	-6.03	-58.95	-91.59	-34.11
MZ <sub>t</sub>	-2.58	-1.98	-1.62	-1.39	-4.22	-6.55	-3.84
MSB	0.174	0.233	0.275	0.23	0.07	0.07	0.11
MP <sub>T</sub>	1.78	3.17	4.45	5.10	3.02	0.69	1.55

<sup>a</sup>Valor crítico asintótico para rechazar la H<sub>0</sub> de no estacionariedad para el caso p = 0 y

### Relaciones de equilibrio a largo plazo.

Los resultados para los estadísticos de la traza y el máximo valor propio se presentan en la tabla 2. Ambos estadísticos indican que no puede rechazarse la hipótesis de la existencia de tres vectores de cointegración a un nivel del 5% de significación; se acepta, por lo tanto, que existen tres vectores de

cointegración, que determinan las relaciones de equilibrio de los precios en el largo plazo. La existencia de m-1 vectores de cointegración implica que cada par de precios estén cointegrados, o lo que es lo mismo, existe una única tendencia común que dirige los movimientos de precios en el largo plazo (Stock y Watson, 1988).

**Tabla 2.** Prueba de cointegración multivariante de Johansen.

Hipótesis nula	Valores propios	Est. de la traza	Est. Máximo valor propio
H <sub>0</sub> : r = 0**	0.306465	114.9955	70.62912
H <sub>0</sub> : r = 1**	0.133614	44.36638	27.68108
H <sub>0</sub> : r = 2*	0.074534	16.68530	14.94946
H <sub>0</sub> : r = 3	0.008954	1.735839	1.735839

\*(\*\*) denota el rechazo de la hipótesis nula al nivel de significación del 5%(1%)

### Fragmentación de mercados y mercados centrales.

Sobre el modelo (8) se imponen las restricciones definidas para probar las

hipótesis de fragmentación de mercados y la existencia de un mercado líder cuyos resultados se presentan en la tabla 3.

**Tabla 3.** Relación de verosimilitud, RV, para la prueba de fragmentación y exogeneidad débil o mercados líderes

Mercados	Prueba de fragmentación		Prueba de mercados líderes	
	Estadístico RV	Probabilidad	Estadístico LR	Probabilidad
Medellín	55.43360	0.000000	18.46236	0.000353
Bogotá	33.92691	0.000000	13.73719	0.003286
Montería	18.42541	0.000359	26.72032	0.000007
Villavicencio	29.35725	0.000002	18.25551	0.000390

Como puede verse, a un nivel de significación del 1% se puede rechazar la hipótesis nula de que cualquiera de los precios no pertenezca al espacio de cointegración, lo que significa que no hay fragmentación de mercados; no hay tampoco evidencia de exogeneidad débil, por tanto que haya un mercado central o líder que influya sobre los demás pero él no sea influenciado por estos: la estructura de los mercados ganaderos en Colombia no es radial.

### Transmisión perfecta de precios.

Se considera la hipótesis que las variaciones de los precios del mercado de Medellín se transmiten perfectamente de manera conjunta al resto de los mercados. El valor del estadístico Relación de Verosimilitud (RV) es 18.12. El valor crítico de la  $\chi^2$  (3) para un nivel de significación del 5% es 7.81, por ende no se acepta la hipótesis. Teniendo en cuenta que los mercados de Medellín y Bogotá son mercados con excedentes de demanda, es de esperar un flujo muy débil de comercio de ganados entre ellos, por lo que se ha contrastado la misma hipótesis pero asumiendo no transmisión perfecta de precios entre estos mercados importadores. En este caso, el valor del estadístico RV es 1.4962.

El valor crítico  $\chi^2$  (2) para un nivel de significación del 5% es 5.991, lo que impide rechazar la restricción impuesta. Por tanto, la estructura de los datos aquí analizados soportan la idea de un alto grado de integración de los mercados ganaderos de ceba en Colombia, especialmente entre los mercados importadores y los mercados exportadores en los que existe una transmisión perfecta de precios a largo plazo implicando con ello la permanencia de la condición de arbitraje espacial o ley de un único precio en su forma fuerte; pero no existe en conjunto transmisión perfecta de precios en los mercados como un todo, pues, no obstante que existe integración y transmisión de precios entre los mercados importadores, ésta no es completa entre los mismos, es decir, no es necesario que las regiones tengan comercio directo para que exista un alto grado de integración; lo que es importante es que las regiones sean parte de una red común de comercio. Los shock de precios pueden por tanto transmitirse indirectamente vía los vínculos de comercio que conectan a las regiones. Este resultado confirmaría que el mercado de ganado cebado macho en Colombia no es único, tiene en Medellín y Bogotá los dos grandes centros de referencia e influencia de los precios a nivel nacional.

## Transmisión de precios e interdependencia.

Dados estos resultados, se prueba la hipótesis de transmisión no perfecta de precios entre los mercados importadores y la existencia de exogeneidad débil entre éstos y los mercados exportadores de Montería y Villavicencio. El valor del estadístico para ésta hipótesis es 8.6486. El valor crítico para  $\chi^2$  (8) con un nivel de significación del 5% es 15.50, lo cual indica que se pueda aceptar la hipótesis planteada. Por tanto, el mecanismo de transmisión de precios entre estos mercados, vistos como una red de comercio, se caracteriza por la existencia de transmisión imperfecta de precios, desequilibrios temporales en el proceso de ajuste y un patrón de interdependencia marcado por la presencia de relaciones de causalidad en el sistema, para corroborar esto último se realizó la prueba Pairwise de Causalidad de Granger. Ella rechaza al 1% con  $\chi^2$  (6) la hipótesis conjunta que el grupo de variables retardadas, diferentes a la considerada dependiente, en cada una de las cuatro ecuaciones del VAR puedan considerarse exógenas. Esta prueba señala las siguientes relaciones de causalidad significativas al 1% con  $\chi^2$  (2): Medellín  $\leftrightarrow$  Bogotá, Bogotá  $\rightarrow$  Montería, Medellín  $\rightarrow$  Montería, Villavicencio  $\rightarrow$  Bogotá, Medellín  $\rightarrow$  Villavicencio.

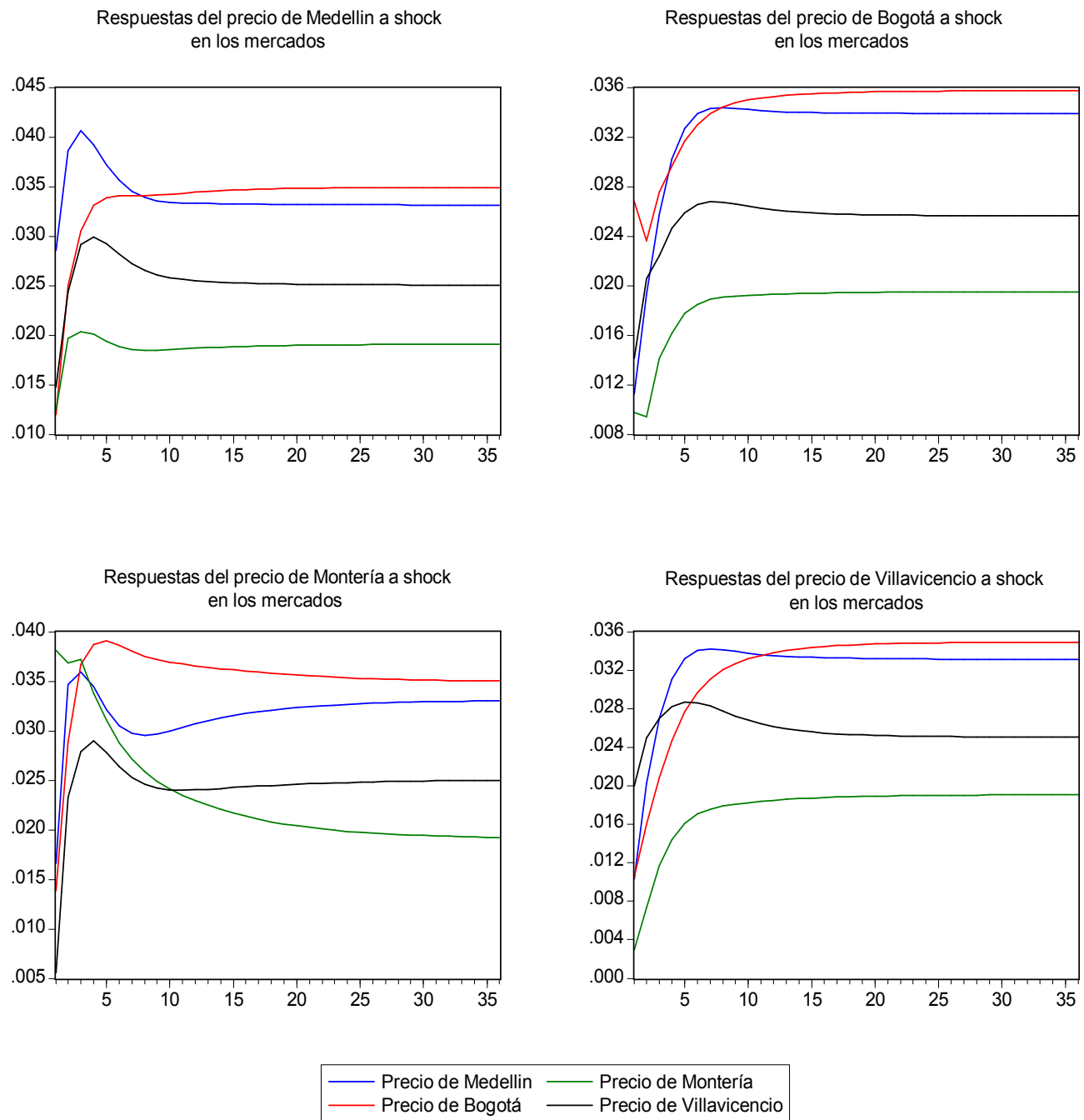
## Magnitud de la transmisión de precios en el corto plazo.

Las respuestas de los mercados a un shock equivalente al valor de una desviación típica en la ecuación de una variable cualquiera, se muestran en la gráfica 1, que mide el horizonte de tiempo en el eje horizontal (36 meses) y la variación en el eje vertical. Estas funciones se han calculado con los precios

en niveles procedentes de un sistema cointegrado, por lo que un shock en cualquiera de los precios se espera tenga un efecto permanente sobre el sistema conducente a un nuevo equilibrio, lo que es evidente en la gráfica 1.

Los shocks de precios a corto plazo se sienten con mayor rigor en un principio en el mercado donde se originan los mismos, lo cual ratifica la transmisión imperfecta de los precios; choques aleatorios en los mercados importadores de Medellín y Bogotá se transmiten en mayor grado entre ellos, y entre los mercados exportadores de Villavicencio y Montería, que los de estos últimos a los primeros. Ante shocks locales, el precio de Medellín responde al alza hasta el tercer mes; hasta el quinto si el shock se origina en Bogotá y hasta el cuarto si proviene de los mercados exportadores. A partir de dichos meses tiende a estabilizarse conformando un nuevo equilibrio. Luego de un ligero descenso del precio ante un shock local, el precio en Bogotá aumenta desde el tercer mes hasta un máximo en el noveno; y hasta el sexto si el choque proviene de los restantes mercados.

El precio en el mercado de Villavicencio, siente hasta el décimo mes, un mayor impacto de los choques aleatorios del mercado de Medellín que los de Bogotá, no obstante su mayor cercanía geográfica a éste último. Ante un cambio inesperado en el mercado local, el precio del ganado cebado en Montería desciende a partir del tercer mes; aumenta hasta el tercero, cuarto y sexto mes si el shock proviene de Medellín, Villavicencio y Bogotá respectivamente. Luego de la elevación de los precios, el impacto de los shocks sobre estos disminuye, o tiende a mantenerse originando un nuevo equilibrio.



**Gráfica 1.** Impulso respuestas generalizadas. Respuestas de los precios en un mercado a shock en los otros mercados.

## CONCLUSIONES

- Mediante modelos econométricos de cointegración y de corrección del error se han detectado empíricamente relaciones de equilibrio a largo plazo entre los precios de mercados separados geográficamente y se han probado hipótesis relativas a la estructura de esas relaciones. Las relaciones a corto plazo se han captado mediante funciones de impulso respuesta generalizadas.
- No existe un mercado único en el conjunto de mercados analizados en Colombia. Sin embargo, existen evidencias empíricas de que en el largo plazo hay transmisión perfecta de precios e integración entre los mercados urbanos con excedentes de demanda y los mercados regionales con excedentes de oferta, especialmente entre los mercados de Medellín con el de Montería y Villavicencio
- La transmisión de precios entre los mercados importadores de Bogotá y Medellín es imperfecta. Este fenómeno es la expresión clara de la existencia de estos dos grandes centros de mercados de consumo con capacidad para fijar en el largo plazo los precios del ganado cebado en el ámbito nacional.
- Estos resultados permiten concluir que en el largo plazo la actividad de intermediación o de arbitraje que realizan los agentes de comercialización en estos mercados garantiza que el diferencial de precios entre los mercados tiendan a ser igual o menor a los costos de transferencia, expresión de un funcionamiento eficiente de los mismos; no conducente, por tanto, a intervenciones gubernamentales en los procesos de formación de precios. A corto plazo, sin embargo, existen desequilibrios en el proceso de ajuste, lo cual podría considerarse como expresión de ineficiencia, sobre todo porque la velocidad de ajuste es bastante lenta.
- El mecanismo de transmisión de los precios también se caracteriza por la existencia de relaciones de causalidad entre los distintos mercados, lo cual determina un patrón de interdependencia en el proceso de ajuste de los precios ante situaciones de desequilibrio temporal.

## BIBLIOGRAFIA

- Ahn, S. y Reinsel, G. 1988. Nested reduced-rank autorregressive models for multiple time series. *Journal of the American Statistical Association* 83:849-856
- Ahn S. y Reinsel, G. 1990. Estimation for partially nonstationary multivariate autorregressive models. *Journal of the American Statistical Association* 85:813-823
- Bhargava, A. 1986. On the theory of testing for unit roots in observed times series. *Review of Economic Studies* 53:369-384
- CCI (CORPORACIÓN COLOMBIA INTERNACIONAL). 2000. La integración espacial del mercado de la papa en Colombia. Sistema de Información de Precios del Sector Agropecuario, SIPSA, Boletín 38,

- Doornik, J. y Hansen, H. 1994. A practical test of multivariate normality. Oxford:Nuffield College.
- Elliot, G.; Rethemberg, T. y Stock, J. 1996. Efficient test for an autoregressive unit. *Econometrica* 64(4):813-836
- Johansen, S. 1991. Estimation and hypothesis testing of cointegration vectors in gaussian autoregressive models. *Econometrica* 59(6): 1551-1580
- Johansen, S. 1988. Statistical analysis of cointegration vectors. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 12:231-254
- Johansen, S y Juselius, K. 1990. Maximum likelihood estimation and inferences on cointegration - with applications to the demand for money. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 52:169-210
- Johansen, S y Juselius, K. 1992. Testing Structural hypotheses in a multivariate cointegration analysis of the PPP and the UIP for UK. *Journal of Econometrics* 53:211-244.
- Johansen, S y Juselius, K. 1994. Identification of de long run and the short run structure: an application to the IS-LM Model. *Journal of Econometric* 63(1):7-36-
- Kamp, B.; Lutz, C.; Tilburg, A. y Sanint, L. 1996. Testing market integration: the case of maize in Benin and rice in Colombia. En: Heidhues, F. y Knerr, B. (Ed), *Food and Agriculture Policies under Structural Adjustment*, Peter Lang, Francfurt,317-333
- Lütkepohl, H. (1993): *Introduction to Multiple Time Series Analysis*. Second Edition. Spring Verlag, 545p.
- NG-Perron, P. 2001. Lag length selection and the construction of unit roots tests with good size and power. *Econometrica* 69(6):1519-1554.
- Osterwald-Lenun, M. 1992. A note with quantiles of the asymptotic distribution of the maximum likelihood cointegration rank test statistics. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics* 54:461-472
- Pesaran, H. y Shin, Y. 1998. Generalized impulse response analysis in linear multivariate models. *Economics Letters* 58:17-29
- Pesaran, H. y Shin, Y. 1996. Cointegration and speed of convergence to equilibrium. *Journal of Econometrics* 71:117-143
- Phillip, P. y Perron, P. 1988. Testing for a unit root in time series regression. *Biometrika* 75:335-346
- Ramírez, M.; Martínez, H; Jiménez, L; Gonzalez, F. y Barrios, C. 2004. Relaciones de precio entre los diferentes eslabones de las cadenas productivas. Documento de trabajo No 50. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Observatorio de Competitividad. Bogotá, p
- Rueda, X. 1995. La transmisión d los precios externos a los mercados domésticos en la agricultura colombiana 1970-1992. *Revista de Planeación y Desarrollo*, DNP. 26(1):69-90

- 
- Stock, J. y Watson, M. 1988. Testing for common trends. *Journal of American Statistical Association* 83:1097-1107
- Ulloa, C. y Supelano. A. 1985. El abastecimiento de ganado para sacrificio. *Revista Coyuntura Agropecuaria* Centro de Estudios Ganaderos y Agrícola (CEGA) 2(2):161-195
- Vargas, J.; Suárez, R. y Leal, A. 1999. La estructura de comercialización y sacrificio del ganado gordo en Colombia. Ediciones Fedegan- Cega, Bogotá, 174 p.

# INTRUCCIONES PARA LOS AUTORES

La revista Temas Agrarios publica artículos inéditos de investigación científica y tecnológica, artículos de revisión bibliográfica y notas técnicas. Las revisiones bibliográficas se harán a pedido del Comité Editorial a personas de prestigio académico con el fin de obtener información actualizada sobre temas relevantes en las Ciencias Agroalimentarias, estas últimas deben contener un número mínimo de 25 referencias bibliográficas preferiblemente de publicación reciente (no mayor a 5 años). La extensión de los artículos no debe exceder las 20 páginas tamaño carta, escritas a doble espacio, en letra Times New Roman o Arial con tamaño de 12 puntos, márgenes 3 cm en el borde superior, 2 cm en el inferior y 2,5 cm en los laterales derecho e izquierdo.

**I. Artículo de investigación científica y tecnológica:** Es un documento que presenta de manera detallada, los resultados originales de proyectos de investigación. La estructura de presentación contiene:

- 1. Título:** Debe ser corto e ilustrativo del tema tratado, sin exceder 15 palabras; si ello no es posible deberá incluir un subtítulo. Debe escribirse en mayúscula e incluir una traducción del título en inglés.
- 2. Autor(es):** Debe ir debajo del título e incluir primer nombre, inicial del segundo nombre si lo tiene y primer apellido. Los autores se nombran de acuerdo con la importancia de su contribución a la investigación o en la preparación del artículo. En nota de pie de página se indicarán respectivamente los títulos académicos, la institución a la cual pertenece, la dirección postal y/o electrónica.
- 3. Resumen:** Debe ser conciso, escrito en un solo párrafo sin exceder las 250 palabras. Informará sobre la justificación, objetivos, metodología, resultados precisos y conclusiones de la investigación haciendo énfasis en los logros alcanzados. Además, indicará los límites de la validez y las implicaciones de los resultados. Debe ir acompañado de tres a cinco palabras claves que no se encuentren incluidas en el título.
- 4. Abstract:** Debe ser una traducción fiel al idioma inglés del resumen con sus respectivas key words.
- 5. Introducción:** Debe formular el estado del arte del tema a investigar haciendo referencia sólo a la bibliografía relacionada con éste, resaltar la importancia y necesidad de la investigación, así como indicar los objetivos que se persiguen con la realización del trabajo.
- 6. Materiales y métodos:** Deben ser escrito de una forma jerárquicamente organizada y con los detalles suficientes que permita la replicación del experimento por parte del lector. Debe incluir el sitio experimental, materiales y equipos utilizados, métodos, técnicas y diseño experimental. Los procedimientos reportados por otros autores deben evitarse y sólo incluir los detalles en caso de realizar modificaciones.
- 7. Resultados y discusión:** Deben ser incluidos en la misma sección. Los resultados deben entregarse en una forma precisa y concurrente con la formulación de los métodos utilizando tablas y figuras

sólo cuando estas sean absolutamente necesarias (preferiblemente no más de tres de cada una). Las tablas y figuras debe ser citadas en el texto pero se deben presentar en hojas separadas e independientes para cada una. Para las tablas el título debe ir en la parte superior con su respectiva numeración, mientras que para las figuras el número y la leyenda se ubican en la parte inferior. La información que se presenta en las gráficas no debe ser repetición de la presentada en las tablas. La discusión debe establecer una relación entre los resultados encontrados en el presente trabajo y los reportados por otros autores, realizando las respectivas citas bibliográficas de éstos.

8. **Conclusiones:** Deben ser claras y concisas y una representación fiel de los resultados obtenidos en el trabajo.
9. **Agradecimientos:** Son potestad del autor enunciarlos; en caso de hacerlos estos deben ser el reconocimiento a contribuciones que tuvieron un impacto significativo en la ejecución del trabajo y que han sido realizadas por personas, entidades oficiales u organizaciones no gubernamentales.
10. **Cita bibliográfica:** Deben proceder de referencias publicadas, citando el apellido del autor seguido del año de publicación entre paréntesis. Ejemplo: Perez (2001). En caso de ser tres o mas autores se debe utilizar la expresión latina *et al.* Ejemplo: Martínez *et al.* (1998). Si la cita es realizada al final de un párrafo, se escribe el autor y el año de publicación entre paréntesis. Ejemplo: (Florez, 2004), (Rodríguez *et al.*, 2005) o (Espitia, 1994; Montoya *et al.*, 1999).

**Bibliografía:** Se debe presentar en orden alfabético de acuerdo con el apellido de los autores de la siguiente manera:

**Artículo:** Autor(es) (primer apellido, inicial de primer nombre), año, título del artículo, nombre de la revista, volumen, número (en paréntesis) y páginas. Ejemplo: Gomez, R.; Contreras, P. y Sanchez, J. 1998. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno en el rendimiento de maiz (*Zea mays*). Revista Temas Agrarios 5(2): 12-18

**Libro:** Autor (es), año de publicación, título, editorial o entidad responsable de la publicación, ciudad de edición y páginas. Ejemplo: Rivera, J. y Pérez, M. 2003. El cultivo del maiz. Fenalce, Bogotá, p 314-356.

**Libro con capítulos editados:** Autor del capítulo, año, título del capítulo, En: nombre del editor (Ed), título del libro, editorial, ciudad de edición y páginas. Ejemplo: Fernández, R. y Escobar, L. 1995. Métodos de propagación. En: Jimenez, C. y Carmona, J. (Ed). El Cultivo del Mango. Ediciones Mundial, Bogotá, p 126-157.

**Tesis de grado:** Autor(es), título del trabajo, título de grado, Universidad que lo otorgó, ciudad sede de la universidad, páginas y citas de internet.

**Citas de internet:** Autor(es), año de publicación, título del documento, URL [Accedido: MM-DD-AA].

Dirección:  
Consejo Editorial Revista Temas Agrarios  
Universidad de Córdoba  
Carrera 6 No. 76 – 103  
Teléfono: (4) 790 8023  
Fax: (4) 786 0255  
AA: 354 Montería  
Email: rta@sinu.unicordoba.edu.co

## BOLETIN DE SUSCRIPCION

NOMBRES Y APELLIDOS: \_\_\_\_\_

EMPRESA: \_\_\_\_\_

DIRECCION: \_\_\_\_\_

CIUDAD: \_\_\_\_\_ ESTADO/DEPTO: \_\_\_\_\_

PAIS: \_\_\_\_\_ ZONA POSTAL: \_\_\_\_\_

TELEFONO: \_\_\_\_\_ FAX: \_\_\_\_\_

E-MAIL: \_\_\_\_\_

### Instrucciones:

1. Consignar a nombre de UNIVERSIDAD DE CORDOBA – REVISTA TEMAS AGRARIOS la suma de \$ \_\_\_\_\_, equivalentes a la suscripción anual a la cuenta corriente No. 735-100670-0 de COLPATRIA
2. Diligenciar el boletín de inscripción y anexar copia de la consignación.
3. Enviar a: CONSEJO EDITORIAL REVISTA TEMAS AGRARIOS.  
**UNIVERSIDAD DE CORDOBA**  
Carrera 6 No. 76-103. Tel: (4) 790 8023 Fax: 76 0255 A.A. 354  
Email: rta@sinu.unicordoba.edu.co  
Montería - Colombia
4. Aceptamos canje con otras publicaciones científicas